

Analiza s prijedlogom optimizacije prometnih tokova na području gradske četvrti Trešnjevka jug u Gradu Zagrebu

Elkaz, Elvis

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:222408>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA S PRIJEDLOGOM OPTIMIZACIJE PROMETNIH TOKOVA NA
PODRUČJU GRADSKE ČETVRTI TREŠNJEVKA JUG U GRADU ZAGREBU

ANALYSIS WITH OPTIMIZATION PROPOSAL OF TRAFFIC FLOWS IN
TREŠNJEVKA SOUTH DISTRICT OF THE CITY OF ZAGREB

Mentor:

izv. prof. dr.sc. Dubravka Hozjan

Student:

Elvis Elkaz, 2405181757

Zagreb, srpanj 2021.

SAŽETAK

Prometna zagušenja posebno u većim gradovima veliki su izazov prometnih stručnjaka današnjice. Sustavni način rješavanja postojećih problema u prometu podiže standard života, smanjuje zagađenje okoliša, smanjuje stres i čini život ugodnijim kako u privatnom tako i u poslovnom smislu. Optimizacija prometnih tokova jedan je od načina rješavanja potencijalnih problema na određenom području. U ovom diplomskom radu predložena je optimizacija prometnih tokova na području gradske četvrti Trešnjevka jug izvedbom prometnice koja bi povezivala Zagrebačku aveniju, Horvaćansku cestu i Jarunsku cestu te se ujedno predlaže parkirališna površina koja bi bila od velikog značaja za naselje Srednjaci. Nakon provedene analize i izračuna prognoze prometa na temelju podataka o brojanju prometa, predložena su rješenja nove regulacije prometa s ciljem povećanja sigurnosti, skraćivanja vremena putovanja i smanjenja onečišćenja okoliša. Na kraju temeljem vrednovanja predloženih rješenja ponuđeno optimalno rješenje vođenja prometa u promatranom području.

KLJUČNE RIJEČI: analiza prometa; optimizacija prometnih tokova; gradska četvrt Trešnjevka jug

SUMMARY

Traffic congestion is a major challenge for today's traffic experts, especially in larger cities. A systematic way to solve the existing traffic problems raises living standards, reduces environmental pollution, reduces stress and makes life more pleasant in both private and business terms. Traffic flow optimization is one of the way to solve potential problems in a particular area. In this diploma thesis, the traffic flows optimization in the Trešnjevka South City District is suggested through the road construction that would connect Zagrebačka Avenue, Horvaćanska Road and Jarunska Road and also the parking lot construction which would be of great importance for the Srednjaci area. After conducting an analysis and the traffic forecast calculation based on traffic count data, the solutions of the new traffic regulation are proposed with the aim of increasing safety, shortening the travel time and reducing environmental pollution. Finally, the most optimal solution was offered for the traffic optimization in the observed area, based on an assessment of the proposed solutions.

KEY WORDS: traffic analysis: traffic flow optimization; City district Trešnjevka South

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PROSTORNO - PROMETNE ZNAČAJKE ZONE OBUHVATA	3
2.1. Definiranje šireg područja obuhvata (makro zone)	4
2.2. Definiranje užeg područja obuhvata (mikro zone)	5
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA PROMETNICA I INFRASTRUKTURE.....	7
3.1. Analiza cestovne prometne infrastrukture	7
3.1.1. Raskrižje broj 1	8
3.1.2. Raskrižje broj 2.....	12
3.1.3. Raskrižje broj 3.....	15
3.2. Analiza infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa i javnog gradskog prijevoza	17
3.2.1. Raskrižje broj 1.....	18
3.2.2. Raskrižje broj 2.....	18
3.2.3. Raskrižje broj 3.....	18
3.3. Analiza sigurnosti prometa.....	19
3.4. Analiza parkirališnih površina.....	21
3.5. Analiza prometnog opterećenja	23
3.5.1. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste (raskrižje broj 1)	25
3.5.2. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići (raskrižje broj 2)	28
3.5.3. Brojanje prometa na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići (raskrižje broj 3)	31
3.5.4. Brojanje prometa na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste (raskrižje broj 4)	33
4. BUDUĆA PROMETNA POTRAŽNJA I KRITIČNI DIJELOVI CESTOVNE MREŽE	36
4.1. Prognoza prometna na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste.	37
4.2. Prognoza prometna na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Hrgovići i ulice Dragutina Golika	39

4.3. Prognoza prometna na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići	40
4.4. Prognoza prometa za raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste	41
4.5. Kritični dijelovi cestovne mreže	43
5. VARIJANTNA RJEŠENJA VOĐENJA PROMETNIH TOKOVA	44
5.1. Prijedlog rješenja povezivanja prvog i drugog raskrižja	45
5.2. Prijedlog rješenja povezivanja drugog i trećeg raskrižja.....	47
6. SMJERNICE ZA VREDNOVANJE VARIJANATA PREDLOŽENIH RJEŠENJA.....	49
6.1. Prijedlog hijerarhijske strukture AHP modela.....	50
6.2. Izbor optimalne varijante predloženih rješenja	55
6.3. Analiza osjetljivosti predloženih rješenja.....	55
7. ZAKLJUČAK	57
LITERATURA.....	59
POPIS SLIKA	61
POPIS TABLICA.....	64
POPIS GRAFIKONA	65
POPIS PRILOGA.....	66
PRILOG 1	67
PRILOG 2	68

UVOD

Sigurnost prometa jedan je od najvećih izazova koji se postavlja pred prometne stručnjake današnjice. Problem sigurnosti prometa je vrlo kompleksan i za njegovo rješavanje je odgovorna cjelokupna društvena zajednica. Cestovni promet najraširenija je grana prometa i ujedno najmanje podložna promjenama s obzirom da se planira na duža vremenska razdoblja.

Ideja diplomskog rada i svrha istraživanja je sa stajališta sigurnosti i protočnosti prometa ponuditi rješenja koja bi kao rezultat skratila vrijeme putovanja do pojedinih naselja odnosno ulica, smanjila zagađenje okoliša i ujedno povećala sigurnost prometa na navedenom području. Za postizanje navedenog učinka potrebno je osigurati optimalnu i skladnu integraciju prometnica unutar postojeće gradske mreže uvažavajući moguća povećanja prometnih zahtjeva u budućnosti.

Zagreb kao glavni grad Republike Hrvatske najveći je i po broju stanovnika. Prema podacima iz 2018. u Zagrebu živi 802.338 stanovnika dok šire područje grada okuplja više od milijun stanovnika. Nalazi se na jugozapadnom rubu Panonske nizine na prosječnoj nadmorskoj visini od 122 m, podno južnih padina Medvednice, na lijevoj i desnoj obali rijeke Save. Povećanje životnog standarda na području Republike Hrvatske u glavnom gradu rezultira sve većim brojem stanovnika što za posljedicu ima povećanje stupnja motorizacije te ujedno prilagodbu cestovne infrastrukture trenutnim zahtjevima.

Diplomski rad koncipiran je i razrađen u slijedećih sedam poglavlja:

- 1. Uvod**
- 2. Prostorno-prometne značajke zone obuhvata**
- 3. Analiza postojećeg stanja prometa i prometnica**
- 4. Buduća prometna potražnja i kritični dijelovi cestovne mreže**
- 5. Varijantna rješenja vođenja prometnih tokova**
- 6. Smjernice za vrednovanje varijanata predloženih rješenja**
- 7. Zaključak**

Unutar drugog poglavlja diplomskog rada istaknute su i objašnjene prostorno prometne značajke promatranog područja s užom i širom zonom obuhvata.

U trećem poglavlju diplomskog rada opisano je postojeće stanje raskrižja i prometnica, stanje nemotoriziranog prometa kao i nedostaci pojedinih raskrižja sa stajališta sigurnosti prometa vezano za odvijanje prometa u cjelini.

U četvrtom poglavlju diplomskog rada prikazana je buduća prometna potražnja, odnosno porast prometne potražnje za razdoblje 5, 10 i 20 godina te su opisani kritični dijelovi cestovne mreže.

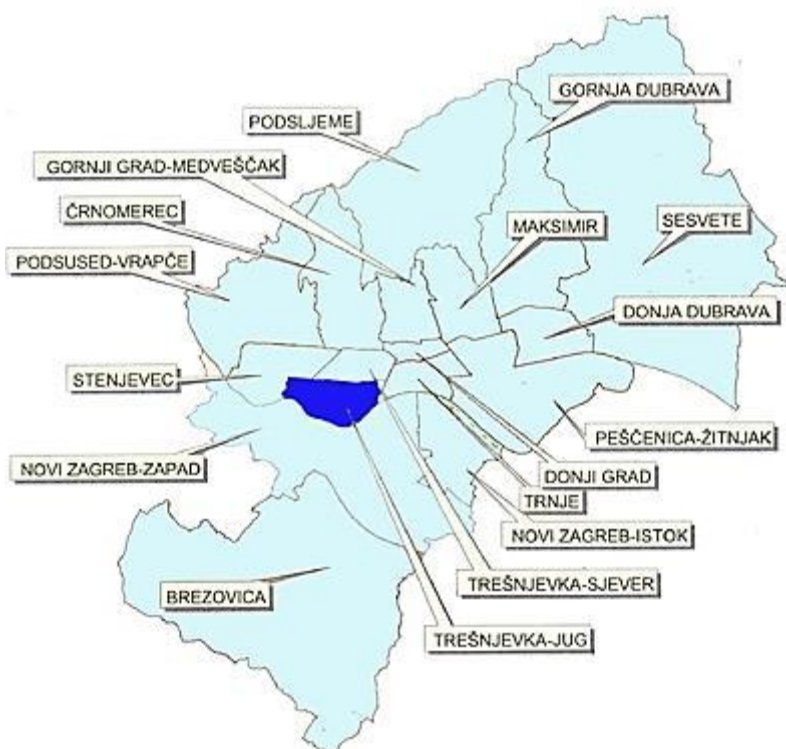
U petom poglavlju diplomskog rada predložena su varijantna rješenja vođenja prometa i rekonstrukcije i prilagodbe raskrižja te je ujedno usklađena regulacija prometa u svrhu optimalnog odvijanja prometnih tokova uvažavajući sigurnost svih sudionika. Za potrebe izrade idejnog rješenja korišten je program AUTOCad 2019.

Šesto poglavlje diplomskog rada sadrži vrednovanje varijantnih rješenja korištenjem programskog alata Expert Choice na osnovi evaluacijskih parametara.

U sedmom zaključnom poglavlju prikazani su ključni podaci dobiveni istraživanjem te su na temelju istih doneseni odgovarajući zaključci.

1. PROSTORNO PROMETNE ZNAČAJKE ZONE OBUHVATA

Gradska četvrt Trešnjevka jug jedna je od sedamnaest gradskih četvrti u samoupravnom ustrojstvu Grada Zagreba (slika 1). Osnovana je Statutom Grada Zagreba 14. prosinca 1999. godine. Četvrt je nastala preustrojem (podjelom) tadašnje općine Trešnjevka. Četvrt čine administrativne samoupravne cjeline Gajevo, Horvati - Srednjaci, Jarun, Knežija, Prečko i Vrbani.



Slika 1. Položaj gradske četvrti Trešnjevka jug u Gradu Zagrebu [1]

Prema podacima popisa stanovništva iz 2011. godine, površina četvrti je $9,84 \text{ km}^2$, broj stanovnika 66.674, a gustoća naseljenosti iznosi 6828,1 stanovnika po km^2 . Četvrt obuhvaća dio Zagreba južno od Zagrebačke avenije, zapadno od Savske ceste, sjeverno od rijeke Save, a istočno od ulice Savska Opatovina. Većina stanovnika živi u visoko urbaniziranim naseljima, kao što su Knežija, Srednjaci, Gređice, Gajevo, Jarun, Vrbani i Prečko.

Trešnjevka jug je nizinska gradska četvrt smještena na aluvijalnoj terasi rijeke Save. Njezinim područjem teku tri podsljemenska potoka - Vrapčak, Kustošak i Črnomerec - koji se, nizvodno od Savskog mosta, ulijevaju u rijeku.

Južnim dijelom područja Gradske četvrti dominiraju Športsko-rekreacijski centar Jarun, s kompleksom jezera, te vodozaštitno područje uz Savu. Praktički, svi stanovnici prebivaju sjevernije od tih područja u urbanom dijelu četvrti [2].

Područje Gradske četvrti Trešnjevka jug vrlo je dobro povezano na južnom dijelu grada preko Jadranskog mosta i Jadranske avenije sa Zagrebačkom obilaznicom A3 koja vodi prema istoku Hrvatske i autocestom A1 koja se pruža prema Dalmaciji i južnom dijelu Hrvatske te autocestom A6 koja se pruža prema primorskom i istarskom dijelu republike Hrvatske, a na zapadnom dijelu grada Zagrebačkom avenijom prema autocesti A3 koja vodi prema Sloveniji i autocesti A2 koja vodi ka Hrvatskom zagorju.

Definiranje zone obuhvata jedan od bitnijih procesa kako u kreiranju optimalnog prometnog rješenja tako i u analizi postojećeg stanja prometa i prometnica. Njome se obuhvaćaju elementi prometne infrastrukture koji direktno ili indirektno mogu utjecati na prometna rješenja promatranog područja u obliku skraćivanja vremena putovanja, povećanja razine usluge, povećanja sigurnosti i td.

Kako bi se napravila kvalitetna analiza i mogla ponuditi prometna rješenja na određenom području odnosno prijedlozi optimizacije prometnih tokova, zonu obuhvata potrebno je podijeliti u dva dijela. Makro (širu) zonu obuhvata koja obuhvaća cjelokupnu cestovnu prometnu mrežu gradske četvrti Trešnjevka jug i mikro (užu) zonu obuhvata koja obuhvaća mikro lokacije konkretnog područja.

2.1. Definiranje šireg područja obuhvata (makro zone)

Promatrano područje nalazi se na jugozapadnom dijelu Grada Zagreba u području gradske četvrti Trešnjevka jug između gradskih četvrti Stenjevec na sjeverozapadu, Trešnjevka sjever na sjeveru, Trnje na istoku i Novi Zagreb – zapad na jugu.

Razmatrani dio šireg područja obuhvata (označen crvenom bojom) prikazan je na slici 2. i omeđen je ulicama Zagrebačka avenija, Hrgovići, Jarunska cesta, Marijana Haberlea, Horvaćanska i Selska cesta. Unutar navedenog dijela zone obuhvata nalaze se lokacije raskrižja koje su predmet istraživanja ovog diplomskog rada.



Slika 2. Prikaz šireg područja obuhvata omeđenog Zagrebačkom avenijom, ulicom Hrgovići, Jarunskom cestom, Ulicom Marijana Haberlea, Horvaćanskom cestom i Selskom cestom [3]

2.2. Definiranje užeg područja obuhvata (mikro zone)

Mikro zona odnosno uže područje obuhvata prikazano je na slici 3., a obuhvaća tri raskrižja (raskrižje broj 1 na Zagrebačkoj aveniji, raskrižje broj 2 na Horvaćanskoj cesti i raskrižja broj 3. na Jarunskoj cesti) na kojima je uočena mogućnost optimizacije prometnih tokova u vidu povezivanja ulica; Zagrebačke avenije, Horvaćanske ceste i Jarunske ceste , a koja bi kao rezultat skratila vrijeme putovanja za pojedina naselja te smanjila zagađenje okoliša i ujedno povećala sigurnost prometa na navedenom području.

Navedeno područje uključuje veliki broj objekata i ustanova, a dominiraju Športsko-rekreacijski centar Jarun, Sportski park Mladost koji su ujedno veliki atraktori ljudi, te samim time i prometa i prometnih tokova. Od značajnijih objekata još se mogu izdvojiti Studentski dom Stjepan Radić i Kineziološki fakultet.



Slika 3. Prikaz lokacija užeg područja obuhvata [4]

2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA PROMETA I PROMETNICA

Za utvrđivanje stvarne situacije odvijanja prometa na promatranom području provedena je analiza postojećeg stanja koja uključuje bitne elemente za provođenje prometnog procesa. Bitnim elementima utvrđuje se stvarno stanje na analiziranim prometnicama i nedostaci odvijanja prometnih tokova, bez obzira radi li se o većem investicijskom zahvatu ili samo rekonstrukciji postojeće prometnice ili raskrižja.

Preporučeni sadržaj analize uključuje:

- ispitivanje cjelokupne prometne mreže na području obuhvata;
- utvrđivanje topografskih, urbanističkih i prometnih značajki područja obuhvata;
- snimanje prometa za sve vrste vozila, uključivši javni, pješački i biciklistički promet;
- utvrđivanje stanja izgrađenosti (preglednost prometnica, vođenje trase, stanje kolnika);
- utvrđivanje broja prometnih nesreća (uzrok, mjesto, vrijeme, učestalost). [5]

3.1. Analiza cestovne prometne infrastrukture

Analiza infrastrukture obuhvaća cjelokupni vizualni pregled općeg stanja kolnika, utvrđivanje postojanosti i dimenzija svih elemenata prometnice (bankina, nogostup, biciklističke staze). [6]

Cestovnu infrastrukturu čine sve vrste i kategorije cesta, cestovni objekti (mostovi, vijadukti, nadvožnjaci, tuneli...), cestovna raskrižja, prometna signalizacija i parkirališne površine. Raskrižja se mogu opisati kao točke u cestovnoj mreži u kojima se povezuju dvije ili više cesta, a prometni tokovi se spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću. Zbog prometnih radnji i mogućih konflikata, koji se ne pojavljuju na otvorenim potezima ceste, na raskrižjima su izrazito naglašeni problemi propusnosti i sigurnosti prometa.

U ovom diplomskom radu raskrižja koja se promatraju spadaju u grupu raskrižja u razini (RUR), pri čemu su sva građevinska rješenja i prometni tokovi riješeni na istoj prometnoj plohi. [7]

3.1.1. Raskrižje broj 1

Raskrižje broj 1 (slika 4.) izvedeno je kao četverokrako semaforizirano raskrižje, smješteno na sjeveroistočnom dijelu gradske četvrti Trešnjevka jug. Križanje je to Zagrebačke avenije istočnog i zapadnog privoza, Ilirske ulice na južnom i Fallerovog šetališta na sjevernom privozu. Ujedno to je i raskrižje koje povezuje linije javnog prijevoza putnika koje prometuju na relaciji okretište Ljubljanića prema Jarunu (linija 113), prema Prečkom (linija 114), prema Španskom – Jankomiru (linija 115), i prema Podsusedskom mostu (linija 116). [8]



Slika 4. Raskrižje broj 1- raskrižje Zagrebačke avenije, Ilirske ulice i Fallerovog šetališta [10]

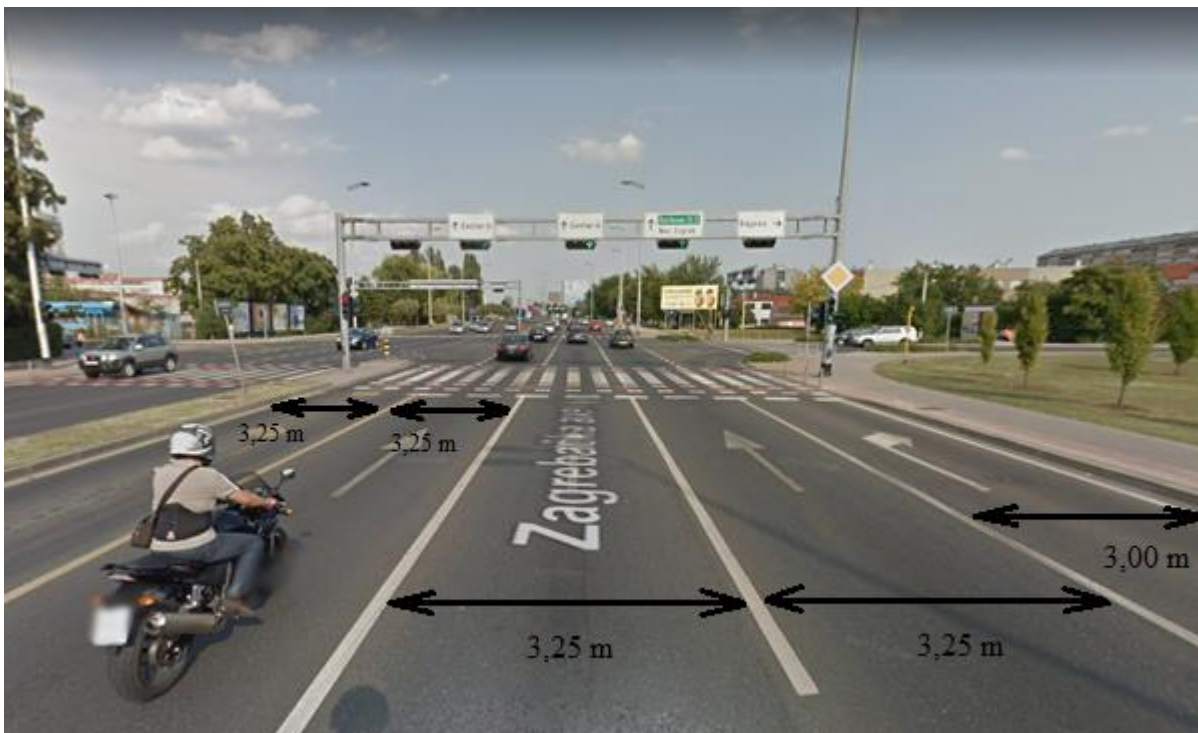
Raskrižje Zagrebačke avenije - Ilirske ulice - Fallerovog šetališta jedno je od većih i ključno je za povezivanje naselja Gajevo, Jarun i Srednjaci zbog velikog broja stanara koji žive u promatranom području te automatski privlače veliku količinu prometa i preopterećuje prometne tokove na alternativnim pravcima.

Zagrebačka avenija predstavlja primarni smjer u smislu količine prometa. Definicija gradske avenije navodi da su to prometnice visokog učinka te povezuju šira gradska područja.

Kolnici su im razdvojeni s proširenjima za skretanje na raskrižjima u razini. Pješačke i biciklističke staze su izdvojene i odijeljene zaštitnim pojasom zelenila ili ogradom. [10]

Položaj i širine prometnih trakova na zapadnom privozu Zagrebačke avenije prikazani su na slici 5., a uključuju trak za lijevo skretanje te tri traka za ravno širine 3,25 m i trak za desno skretanje širine 3,00 m). Situacija na istočnom privozu vidljiva je na slici 6. (trak za lijevo skretanje je širine 3,00 m, dok su tri traka za ravno i trak za desno skretanje širine 3,25 m).

Prometni trak za desno skretanje na istočnom privozu i prometni trak za lijevo skretanje na zapadnom privozu rezerviran je samo za vozila javnog prijevoza putnika koji ulicom Fallerovo šetalište vodi do okretišta Ljubljanića. Raskrižjem se upravlja prometnim svjetlima sa strelicama za pojedini smjer. Kvaliteta asfaltne konstrukcije i oznaka na kolniku na navedenoj prometnici na zadovoljavajućoj je razini s iznimkom južnog privoza Ilirske ulice gdje su oznake na kolniku blago istrošene i zahtijevaju obnovu.



Slika 5. Zagrebačka avenija zapadni privoz [11]



Slika 6. Zagrebčaka avenija istočni privoz [11]

Ilirskom ulicom (slika 7.) odvija se promet u oba smjera te na prilazu Zagrebčkoj aveniji u smjeru sjevera ima dva prometna traka širine 2,50 m, jedan za skretanje u lijevo, a jedan za vožnju ravno i desno, dok je prometni trak za kretanje u smjeru juga širine 3,50 m. Raskrižjem se upravlja prometnim svjetlima te dodatno dopunskim strelicama za vozila koja skreću lijevo i desno.

Stanje asfaltnog zastora na navedenoj prometnici na zadovoljavajućoj je razini, ali je horizontalna signalizacija u relativno lošem stanju.

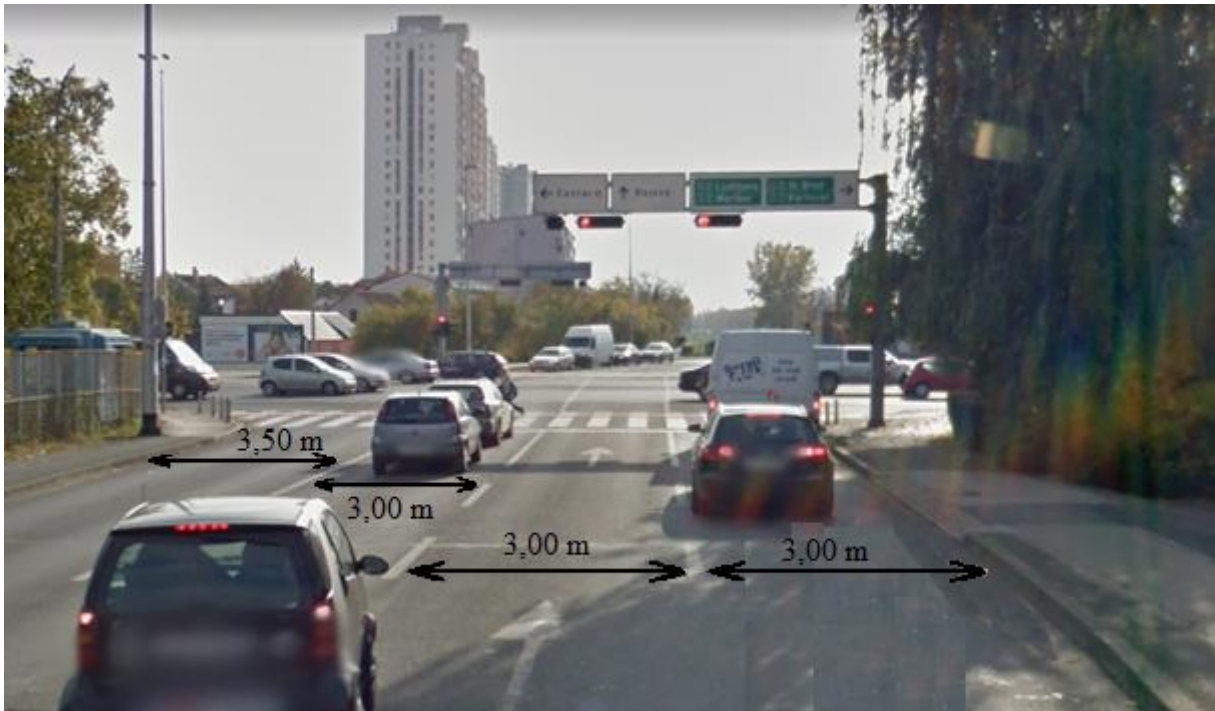
Ujedno s obje strane kolnika izveden je nogostup širine 3,00 m.



Slika 7. Ilirska ulica južni privoz [11]

Fallerovo šetalište (slika 8.) na sjevernom privozu raskrižja preuzima manji dio prometa iz gradske četvrti Trešnjevka sjever u smjeru juga te ima tri prometna traka širine 3,00 m za kretanje ravno, desno i lijevo, a dvosmjernan promet omogućen je samo vozilima javnog prijevoza putnika koja prometuju ka i od okretišta Ljubljana prometnim trakom širine 3,50 m u smjeru sjevera. Raskrižjem se upravlja prometnim svjetlima te dodatno dopunskim strelicama za vozila koja skreću lijevo i desno. Stanje asfaltnog zastora na navedenoj prometnici na zadovoljavajućoj je razni, ali je horizontalna signalizacija u relativno lošem stanju.

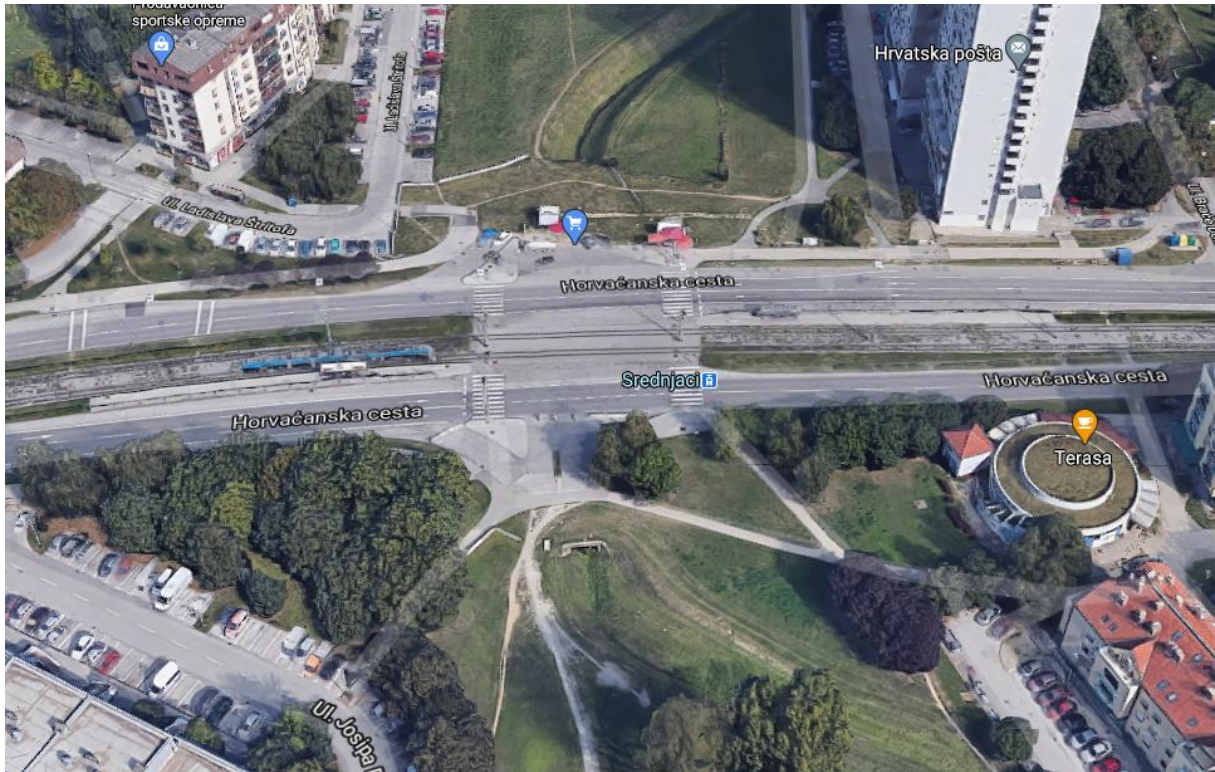
Na ulici Fallerovo šetalište s obje strane kolnika izveden je nogostup, sa zapadne strane kolnika širine 3,00 m i na istočnoj strani kolnika širine 2,00 m.



Slika 8. Fallerovo šetalište sjeverni privoz [11]

3.1.2. Raskrižje broj 2

Raskrižje broj 2 (slika 9.) izvedeno je kao potencijalno četverokrako semaforizirano raskrižje, smješteno na sredini istočnog dijela gradske četvrti Trešnjevka jug, na Horvaćanskoj ulici. Trenutno na razmatranoj lokaciji nije moguće niti lijevo niti desno skretanje vozilima koja prometuju Horvaćanskom cestom prema naseljima Gajevo i Jarun. Horvaćanska cesta jedna je od važnijih prometnica koja povezuje zapadni i istočni dio područja gradske četvrti Trešnjevka jug te dalje gradske četvrti središnjeg i istočnog dijela grada Zagreba te je izvedena s po dva prometna traka u svakom smjeru. Ujedno je i raskrižje koje je potaknulo razmišljanje o mogućnosti povezivanja sjevernog i južnog dijela gradske četvrti Trešnjevka jug sa Zagrebačkom avenijom i Jarunskom cestom.



Slika 9. Raskrižje broj 2 - raskrižje na lokaciji Horvaćanska cesta [12]

Širina prometnih trakova na zapadnom i istočnom privozu je 3,25 m, a svaki smjer ima po dva prometna traka za kretanje ravno te prometne trakove kao pripremu za lijevo i desno skretanje širine 2,75 m (slika 10.) i (slika 11.). Na raskrižju su izvedeni pješački prijelazi upravljani prometnim svjetlima i usklađeni su s prometnom signalizacijom cestovnog prometa i javnog gradskog prijevoza. Kvaliteta asfaltne konstrukcije i oznaka na kolniku na navedenoj prometnici na zadovoljavajućoj je razini.



Slika 10. Horvaćanska cesta zapadni privoz [13]



Slika 11. Horvaćanska cesta istočni privoz [13]

3.1.3. Raskrižje broj 3

Raskrižje broj 3 (slika 12.) potencijalno je četverokrako raskrižje, smješteno na jugoistočnom dijelu gradske četvrti Trešnjevka jug. Lokacija Jarunske ceste odnosno promatrane prometnice i mjesta predviđenog za izvedbu raskrižja ne omogućuje niti lijevo niti desno skretanje vozilima koja prometuju Jarunskom cestom prema naseljima Jarun i Horvati. Jarunska cesta još je jedna od važnijih prometnica na promatranom području izvedena s po jednim prometnim trakom u svakom smjeru, koja osim naselja Jarun, Gredice i Horvati povezuje Športsko-rekreacijski centar Jarun, Sportski park Mladost i Studentski dom Stjepan Radić koji generiraju veliko prometno opterećenje vikendom i blagdanima te posebno u dane održavanja sportskih ili drugih svečanosti. Nadalje raskrižje bi moglo odigrati veliku ulogu u budućem povezivanju gradske četvrti Trešnjevka jug i Gradske četvrti Novi Zagreb - zapad s Jadranskom avenijom izgradnjom mosta preko rijeke Save. Raskrižje je izvedeno kao raskrižje cesta istih važnosti i nije regulirano prometnim svjetlima ili prometnim znakovima nego se postupa u skladu s oznakama na kolniku (vozila propuštaju pješake na obilježenom pješačkom prijelazu).



Slika 12. Raskrižje broj 3 - raskrižje na lokaciji Jarunska ulica [14]

Širina prometnih trakova na zapadnom privozu je 3,50 m za kretanje ravno, a prometni trak kao priprema za lijevo skretanje širine 3,00 m (slika 13.) Širina prometnih trakova na istočnom privozu je 3,50 m za kretanje ravno, širina prometnog traka za desno skretanje na istočnom privozu širine je 3,25 m, a prometni trak kao priprema za lijevo skretanje širine je 3,00 m (slika 14.). Kvaliteta asfaltne konstrukcije i oznaka na kolniku na navedenoj prometnici na zadovoljavajućoj je razini.



Slika 13. Jarunska cesta zapadni privoz [15]



Slika 14. Jarunska cesta istočni privoz [15]

3.2. Analiza infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa i javnog gradskog prijevoza

U najugroženije skupine sudionika u prometu svrstavaju se pješaci i biciklisti. Pješački promet je u naseljenim zonama vrlo značajan prilikom dimenzioniranja i oblikovanja raskrižja, odnosno pristupnih i sabirnih cesta i ulica, dok biciklistički promet sve više dobiva na značaju kao dopunsko prijevozno sredstvo u gradovima. [16]

Javni gradski prijevoz putnika neizostavan je segment suvremenog odvijanja prometa, jer svojim uslugama omogućuje jednostavno povezivanje kako gradskih tako i prigradskih dijelova grada. Do izražaja posebno dolazi u vršnim satima kada je ujedno i potražnja za njim najveća, naročito zbog velikog broja putnika koji putuju kako s posla tako i na posao. Javni gradski prijevoz čine vozila cestovnih sustava (taksi, minibus, autobus, trolejbus) i vozila tračničkih sustava (tramvaj, laka gradska željeznica, podzemna, brza gradska ili prigradska željeznica).

3.2.1. Raskrižje broj 1

Duž Zagrebačke avenije na dijelu nogostupa kako na sjevernom tako i na južnom dijelu kolnika izvedena je biciklistička staza širine 1,00 m, a ostatak nogostupa na sjevernoj strani kolnika širine je 2,20 m uređen za kretanje pješaka dok je ostatak nogostupa na južnoj strani kolnika širine je 1,80 m. Na raskrižju su izvedeni pješački prijelazi i prijelazi biciklističkih staza iz svih smjerova koji su upravljani prometnim svjetlima. Kvaliteta oznaka na kolniku u zadovoljavajućem je stanju. Analizom postojećeg stanja dolazi se do zaključka da je pješačka i biciklistička infrastruktura na zadovoljavajućoj razini.

Javni prijevoz na analiziranom raskrižju odvija se autobusima koji koriste cestovnu infrastrukturu.

3.2.2. Raskrižje broj 2

Duž Horvaćanske ceste na dijelu nogostupa izvedena je biciklistička staza širine 0,80 m, a ostatak nogostupa za kretanje pješaka širine je 2,00 m.

Unutar navedene prometnice prometuje javni prijevoz u vidu tramvajskog prometa na linijama 5 Prečko – Dubrava (povezuje naselje Prečko na zapadnom dijelu grada i naselje Dubrava na istočnom dijelu) i 17 Prečko – Borongaj (povezuje naselje Prečko na zapadnom dijelu grada i naselje Borongaj na istočnom dijelu grada). [17]

Ujedno trase linija 5 i 17 na Horvaćanskoj cesti vođene su razdjelnim pojasom širine 16,00 metara tako da je javni prijevoz izdvojen od cestovnog prometa što povećava sigurnost prometa te omogućuje brže prometovanje javnog prijevoza putnika. Pješački i biciklistički promet je izdvojen od cestovnog prometa, a raskrižjem se upravlja prometnim svjetlima.

3.2.3. Raskrižje broj 3

Duž Jarunske ceste kako u smjeru istoka tako i u smjeru zapada na promatranom području izvedena je biciklistička staza širine 2,00 m i nogostup za kretanje pješaka širine 2,50 m. Jarunskom cestom trenutno nije predviđen javni prijevoz putnika, ali je na području raskrižja u smjeru istoka i zapada izvedeno autobusno stajalište.

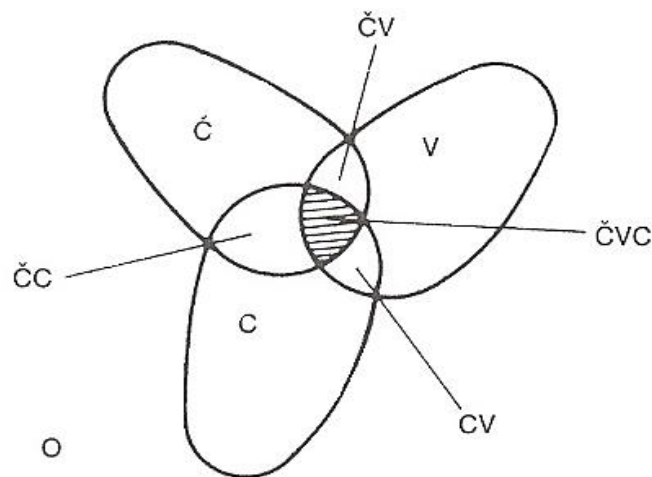
3.3. Analiza sigurnosti prometa

Sigurnost prometa jedan je od najvećih izazova koji se postavlja pred prometne stručnjake današnjice. Posebno se analizira pri izgradnji ili rekonstrukciji određene prometnice.

Sudjelovanjem u prometu, bez obzira bio u ulozi vozača, pješaka ili putnika, čovjek je svakodnevno izložen riziku stradavanja. Stupanj motorizacije, broj registriranih vozila i broj vozača jedan su od direktnih pokazatelja tehnološke razvijenosti. No taj tehnološki napredak nedvojbeno za sobom nosi i štetne učinke. Povećanjem razvoja cestovnog prometa došlo je do neželjenih posljedica kao što su smanjenje sigurnosti zbog većeg broja prometnih nesreća, te zagušenje cestovne mreže. Obzirom da je promet vrlo složena pojava, dolazi i do mnogih incidentnih situacija.

Cestovni promet vrlo je složen i dinamičan sustav u kojemu dolazi do mnogih konfliktnih situacija i sastavljen je od niza različitih čimbenika sigurnosti. Čimbenike sigurnosti možemo razmatrati u dvije skupine, osnovne i ostale (dopunske) te njihove podsustave. Međusobna ovisnost podsustava čovjek, vozilo i cesta prikazana je Vennovim dijagramom slika 15. [18]

Prostor preklapanja svih podsustava najznačajniji je za sigurnost prometa. Jedino sveukupnim sagledavanjem svih navedenih čimbenika sigurnosti prometa mogu se dati trajna rješenja.



Slika 15. Vennov dijagram čimbenika sigurnosti (Č-čovjek, V-vozilo, C-cesta) [18]

Čovjek u prometu svojim osjetilima prima razne informacije i obavijesti vezane za situacije na cesti i na temelju istih, uvažavajući prometne propise donosi odluke, usmjerava i određuje način upravljanja vozilom. Različiti ljudi reagiraju na različite načine u određenim situacijama, a te razlike ovise o stupnju obrazovanja, temperamentu, zdravstvenom stanju, emocijama, starosti, inteligenciji i dr.

Na ponašanje čovjeka u prometu prvenstveno utječu:

- osobne značajke vozača
- psihofizičke osobine
- obrazovanje i kultura [19]

Suvremena vozila dizajnom i konstrukcijom osmišljena su tako kako bi se čim više smanjila vjerojatnost nastanka prometne nesreće, te po nastanku istih, umanjile posljedice. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa svojim konstrukcijskom i eksploatacijskim značajkama u velikoj mjeri utječe na sigurnost prometa. Prema statističkim podacima do 5 % prometnih nesreća događa se radi tehnički neispravnih vozila. [19]

Elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa mogu se podijeliti na aktivne i pasivne.

Aktivni elementi sigurnosti na vozilu tehnička su rješenja kojima je zadaća smanjiti mogućnost nastanka prometne nesreće. U aktivne elemente sigurnosti ubrajaju se: kočnice, mehanizam za upravljanje, pneumatici (gume), svjetlosni i signalni uređaji, uređaji koji povećavaju vidno polje, konstrukcija sjedala, uređaj za grijanje, hlađenje, provjetravanje unutrašnjosti vozila, usmjerivači zraka, vibracije vozila i buka.

Pasivni elementi sigurnosti na vozilu tehnička su rješenja kojima je zadaća ublažiti posljedice prometne nesreće. U pasivne elemente sigurnosti ubrajaju se: karoserija (školjka), vrata, sigurnosni pojasevi, nasloni za glavu, vjetrobranska stakla i zrcala, položaj motora, spremnika, rezervnog kotača, akumulatora, odbojnik i sigurnosni zračni jastuci.

Uzrok nesreća najčešće je ljudski čimbenik, ali vrlo često tome doprinosi i kvaliteta prometnica. Kvaliteta cesta u Republici Hrvatskoj (ne računajući autoceste) niža je od europskog prosjeka, pa se iz istog da zaključiti da je cesta kao uzrok prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj u nešto većem postotku.

Za sigurno odvijanje prometa potrebno je analizirati kvalitetu prometnica, te na temelju detaljne analize odrediti prioritete pri pristupu sanaciji odnosno rekonstrukciji određenog djela ili kompletne prometnice. Jedan od čimbenika sigurnog upravljanja vozilom je pravovremeno i jasno uočavanje informacija o pružanju ceste što se dobiva posredstvom prostorne perspektivne slike. Čimbenici sigurnosti prometa u segmentu prometnice su: trasa ceste, tehnički elementi ceste, stanje kolnika, oprema ceste, rasvjeta ceste, križanja, utjecaj bočne zapreke i održavanje ceste.

3.4. Analiza parkirališnih površina

Širenjem pojedinih naselja raste broj stanovnika i vozila te time rastu i zahtjevi vezani za promet. S obzirom na to da je korištenje osobnog automobila u stalnom porastu, automatski se povećava i potražnja za parkiranjem. Taj problem najviše se odražava u velikim gradovima i gradovima smještenim na obali u kojima se za vrijeme ljetnih mjeseci povećava populacija u vidu turista koji dolaze u velikom broju. Statistika pokazuje da je čak 30 % automobila koji prometuju središtem većeg grada u potrazi za parkirališnim mjestom. Da bi se riješio problem manjka parkirališnih mjesta te sustigao standard drugih europskih metropola i većih gradova, potrebno ih je sagraditi. Problem parkiranja je stoga jedan od vodećih problema kako grada Zagreba tako i njegovih gradskih četvrti.

Iz tog razloga u ovom radu razmatraju se rješenja koja mogu zadovoljiti potražnju analiziranog područja i na neki način riješiti probleme koje donosi nedostatak parkirališnih mjesta. Problem parkiranja u gradskim četvrtima posljedica je lošeg planiranja mogućeg povećanja broja vozila i slabog stupnja motorizacije 80 tih godina kada su naselja u analiziranom području većinom bila na plansko-projektnoj razini.

Jedan od većih problema parkiranja odnosi se na ulicu Braće Domany u naselju Srednjaci na kojoj su izgrađena četiri dvadesetjednokatna nebodera, a nedovoljan broj parkirnih mjesta oko zgrada i garaža nedovoljnog kapaciteta u istoimenoj ulici često dovode do ostavljanja parkiranih vozila na kolniku i nogostupu vidljivo na slici 16. što ograničava kretanje pješaka nogostupom, a ujedno otežava uočavanje spomenutih sudionika što dodatno utječe na sigurnost prometa.



Slika 16. Primjer nepropisno parkiranih vozila u ulici Braće Domany [20]

3.5. Analiza prometnog opterećenja

Prometno opterećenje najjednostavnije se definira kao broj vozila koja prođu promatranim presjekom ceste u određenom vremenskom periodu. Utvrđivanje prometnog opterećenja realizira se brojanjem prometa kao jednim od glavnih ulaznih podataka pri prometnom planiranju i projektiranju. Podaci dobiveni brojanjem prometa prikazuju stvarnu trenutnu sliku dinamike prometnih tokova na određenom području.

Podaci koji se prikupljaju sadrže informacije kao što su:

- prometna opterećenja na cestovnim prometnicama,
- struktura prometnog toka,
- brzina kretanja vozila u prometnom toku,
- razmak između vozila u prometnom toku,
- smjerovi kretanja vozila u cestovnoj mreži,
- vršna opterećenja u određenim vremenskim intervalima i slično. [21]

Brojanje se u praksi dijeli na statičko i dinamičko brojanje. Dinamičko brojanje podrazumijeva brojanje entiteta prometnog toka, a njime se utvrđuje smjer strujanja prometa. Glavna je zadaća dinamičkog brojanja utvrđivanje izvora i ciljeva pojedinih prometnih tokova. Statičko brojanje podrazumijeva brojanje na određenom presjeku odnosno raskrižju, a prednost ovog načina brojanja prometa je što ne ometa promet.

Postojeća podjela brojanja prometa dodatno se može razvrstati na:

- ručno,
- automatsko,
- kamerom,
- naplatno,
- satelitsko,
- brojanje vozila prevezenih trajektima,
- brojanje na parkirališnim površinama [21]

Za utvrđivanje prometnog opterećenja u ovom diplomskom radu izvršilo se statičko brojanje prometa kako bi se utvrdilo stvarno prometno opterećenje raskrižja u 15 minutnim vremenskim intervalima vršnog sata tokom dana.

Brojanje prometa obavljeno je u srijedu i četvrtak 07.04.2021 i 08.04.2021, te 14.04.2021 i 15.04.2021. u poslijepodnevnom vršnom satu od 15:30 do 16:30 sati. Obzirom na niske temperature i vremenske prilike u dane brojanja nije zabilježen biciklistički i motociklistički promet te je isti izostao u tablicama brojanja prometa.

Za potrebe brojanja, vozila su svrstana u šest kategorija i to:

- bicikl (BIC)
- motocikl ili moped (MOT/MOP)
- osobni automobil (OA)
- teretno vozilo (TV)
- autobus (BUS)
- teretno vozilo s prikolicom (TV-P)

U prometu na cesti različite kategorije vozila zauzimaju različite prometne površine, a time se i vozno - prometne karakteristike tih vozila razlikuju. U usporedbi s osobnim vozilima teretna zauzimaju veću površinu, razvijaju manju brzinu kretanja, potreban im je veći luk pri skretanju, manevarske sposobnosti su ograničene i sl. Zbog spomenutih neravnomjernosti, da bi se dobili jedinstveni podaci pri određivanju strukture prometa, uvedeni su koeficijenti kojima se homogenizira nehomogena struktura prometa za pojedine vrste vozila.

Osnovnu mjernu jedinicu tzv. EJA (ekvivalent jedinici automobila) predstavlja osobno vozilo s koeficijentom 1. U tablici 1. prikazane su vrijednosti EJA-e za pojedine vrste vozila sa stajališta zauzeća prometne površine u odnosu na referentno osobno vozilo.

Tablica 1. Prikaz kategorije vozila s pridruženim EJA koeficijentom

Kategorija vozila	EJA koeficijent
Bicikl	0,3
Motocikl / Moped	0,7
Osobno vozilo	1
Teretno vozilo	2
Autobus	2
Teretno vozilo s prikolicom	3

Brojanje prometa izvršeno je ručno za pojedinu vrstu vozila upisivanjem u brojačke listiće. Primjer brojačkog listića prikazan je u tablici 2.

Tablica 2. : Primjer brojačkog listića [22]

Vrijeme	Smjer	15' - int	BIC	MOT/MOP	OA	TV	BUS	TV-P
7:30 do 8:30	1-2	0 - 15'						
		15' - 30'						
		30' - 45'						
		45' - 60'						
		Ukupno						
		EJA						
	Ukupno vozila							
	Ukupno EJA							

Za prometne analize i prognoze važan je podatak PGDP-a (prosječnog godišnjeg dnevnog prometa) koji se izračunava prema izrazu (1):

$$PGDP = \frac{\text{Ukupan broj vozila godišnje}}{365} [\text{vozila/dan}] \quad (1)$$

S obzirom da se brojanje prometa na pojedinom raskrižju obavlja ručno privoze je najpraktičnije označiti brojevima.

3.5.1. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste (raskrižje broj 1)

Raskrižje broj 1 koje se analizira je raskrižje Zagrebačke avenije i Selske ceste i svaki je privoz označen brojem kako slijedi:

- Privoz 1 - Zagrebačka avenija (istočni privoz)
- Privoz 2 - Selska cesta (sjeverni privoz)
- Privoz 3 - Zagrebačka avenija (zapadni privoz)
- Privoz 4 - Selska cesta (južni privoz)



Slika 17. Raskrižje Zagrebačke avenije i Selske ceste s označenim privozima [23]

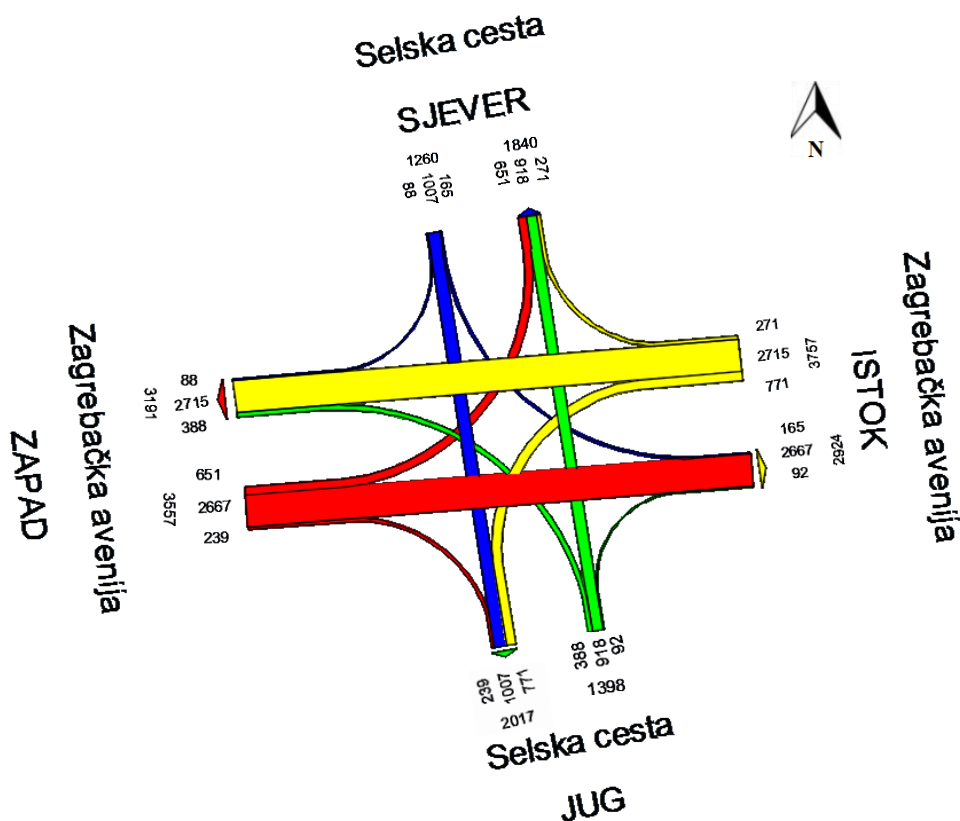
Tablica 3. Poslijepodnevno prometno opterećenje na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp	
15:30 do 16:30	1-2 1-3 1-4	0-15'			891	16		3	
		15'-30'			954	12		1	
		30'-45'			922	18	1	1	
		45 -60'			925	11		2	
		Σ			3.692	57	1	7	
	EJA			3.692	114	2	21		
	Σ vozila					3.757			
	Σ EJA					3.829			

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp	
15:30 do 16:30	2-1 2-3 2-4	0-15'			313	4	1	3	
		15'-30'			301	8	2		
		30'-45'			314	6	1	1	
		45 -60'			298	5	1	2	
		Σ			1.226	23	5	6	
	EJA			1.226	46	10	18		
	Σ vozila					1.260			
	Σ EJA					1.300			

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	3-2 3-1 3-4	0-15'			854	16		1
		15'-30'			867	9	1	2
		30'-45'			892	15	1	3
		45 -60'			879	15		2
		Σ			3.492	55	2	8
		EJA			3.492	110	4	24
	Σ vozila	3.557						
Σ EJA	3.632							

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	4-2 4-3 4-1	0-15'			335	6	1	2
		15'-30'			348	7	1	1
		30'-45'			351	6	1	1
		45 -60'			328	8	1	1
		Σ			1.362	27	4	5
		EJA			1.362	54	8	15
	Σ vozila	1.398						
Σ EJA	1.439							



Slika 18. Grafički prikaz opterećenja na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste

3.5.2. Brojanje prometa na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići (raskrižje broj 2)

Raskrižje broj 2 koje se analizira je raskrižje Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići i svaki je privoz označen brojem kako slijedi:

- Privoz 1 - Zagrebačka avenija (istočni privoz)
- Privoz 2 - Ulica Dragutina Golika (sjeverni privoz)
- Privoz 3 - Zagrebačka avenija (zapadni privoz)
- Privoz 4 - Ulica Hrgovići (južni privoz)



Slika 19. Raskrižje Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići s označenim privozima [23]

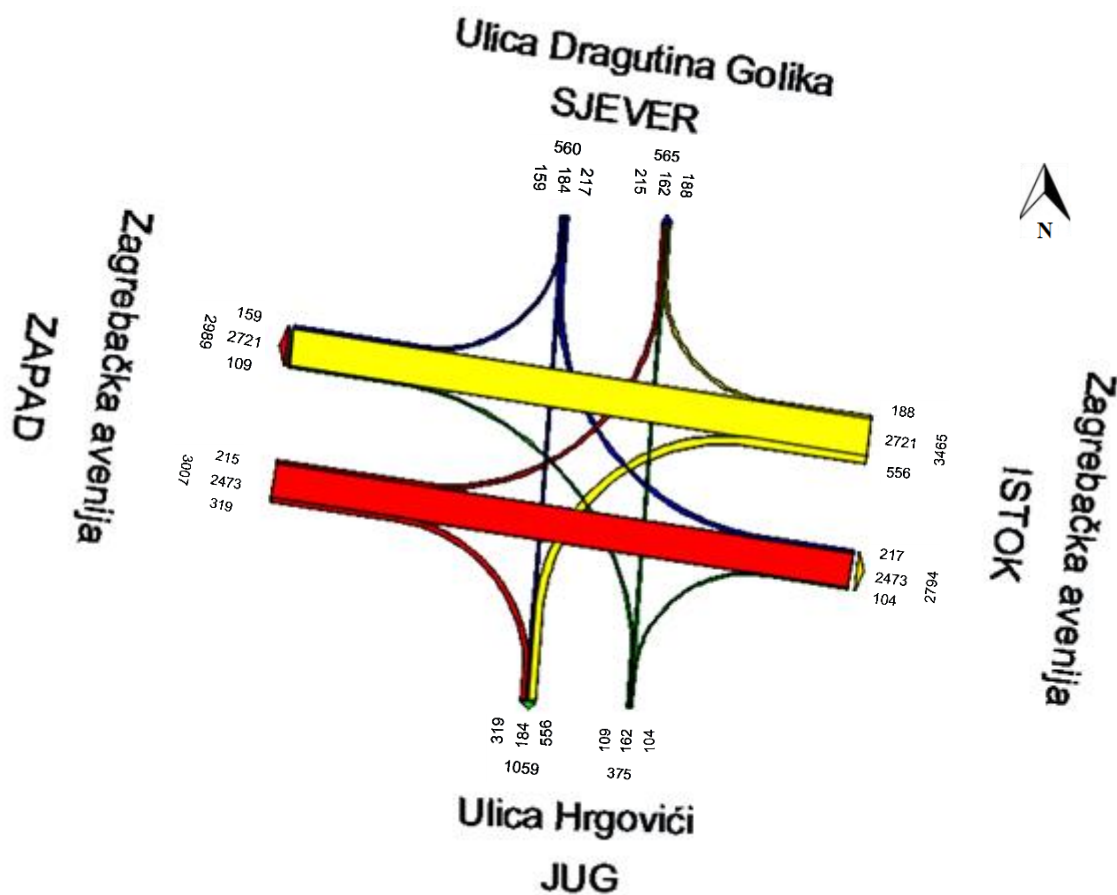
Tablica 4. Poslijepodnevno prometno opterećenje na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	1-2 1-3 1-4	0-15'			852	9	3	2
		15'-30'			843	11	5	3
		30'-45'			856	10	3	1
		45 -60'			857	6	4	
		Σ			3.408	36	15	6
		EJA			3.408	72	30	18
	Σ vozila	3.465						
	Σ EJA	3.528						

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	2-1 2-3 2-4	0-15'			127	1		
		15'-30'			146			
		30'-45'			148			
		45 -60'			136	2		
		Σ			557	3		
		EJA			557	6		
	Σ vozila	560						
	Σ EJA	563						

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	3-2 3-1 3-4	0-15'			739	8	4	1
		15'-30'			744	8	2	2
		30'-45'			737	5	4	3
		45 -60'			736	10	3	1
		Σ			2.956	31	13	7
		EJA			2.956	62	26	21
	Σ vozila	3.007						
	Σ EJA	3.065						

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	4-2 4-3 4-1	0-15'			83		1	1
		15'-30'			93	1		
		30'-45'			102			
		45'-60'			94			
		Σ			372	1	1	1
		EJA			372	2	2	3
	Σ vozila	375						
Σ EJA	379							



Slika 20. Grafički prikaz opterećenja na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići

3.5.3. Brojanje prometa na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići (raskrižje broj 3)

Raskrižje broj 3 koje se analizira je raskrižje Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići i svaki je privoz označen brojem kako slijedi:

- Privoz 1 - Horvaćanska cesta (istočni privoz)
- Privoz 2 - Ulica Hrgovići (sjeverni privoz)
- Privoz 3 - Horvaćanska cesta (zapadni privoz)
- Privoz 4 - Ulica Hrgovići (južni privoz)



Slika 21. Raskrižje Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići s označenim privozima [23]

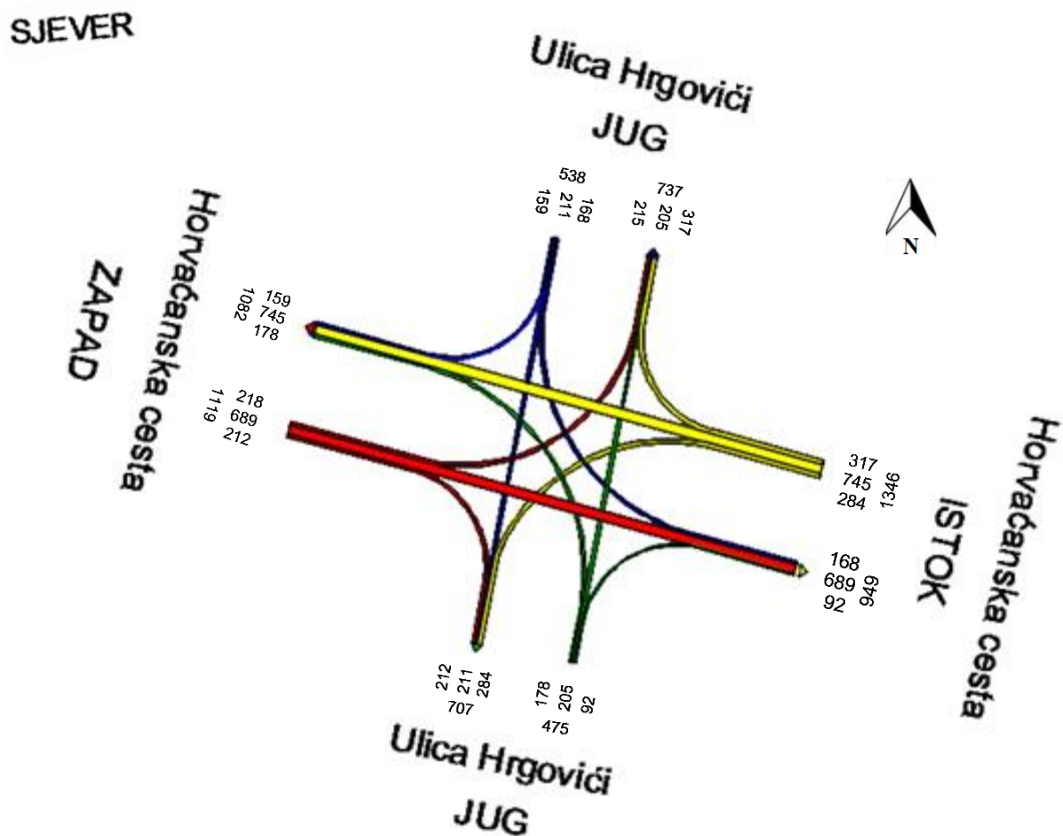
Tablica 5. Poslijepodnevno prometno opterećenje na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	1-2 1-3 1-4	0-15'			348	2		
		15'-30'			352		1	
		30'-45'			354	1		
		45'-60'			334	3		
		Σ			1.388	7	1	
		EJA			1.388	14	2	
	Σ vozila					1.346		
Σ EJA					1.354			

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	2-1 2-3 2-4	0-15'			129	2	1	
		15'-30'			136			
		30'-45'			131	2	1	
		45 -60'			135	1		
		Σ			531	5	2	
		EJA			531	10	4	
	Σ vozila	538						
Σ EJA	545							

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	3-2 3-1 3-4	0-15'			267	4		
		15'-30'			286	3		
		30'-45'			284	2		
		45 -60'			271	2		
		Σ			1.108	11		
		EJA			1.108	22		
	Σ vozila	1.119						
Σ EJA	1.130							

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	4-2 4-3 4-1	0-15'			105	2		
		15'-30'			122	2	1	
		30'-45'			124	1		
		45 -60'			113	4	1	
		Σ			464	9	2	
		EJA			464	18	4	
	Σ vozila	475						
Σ EJA	486							

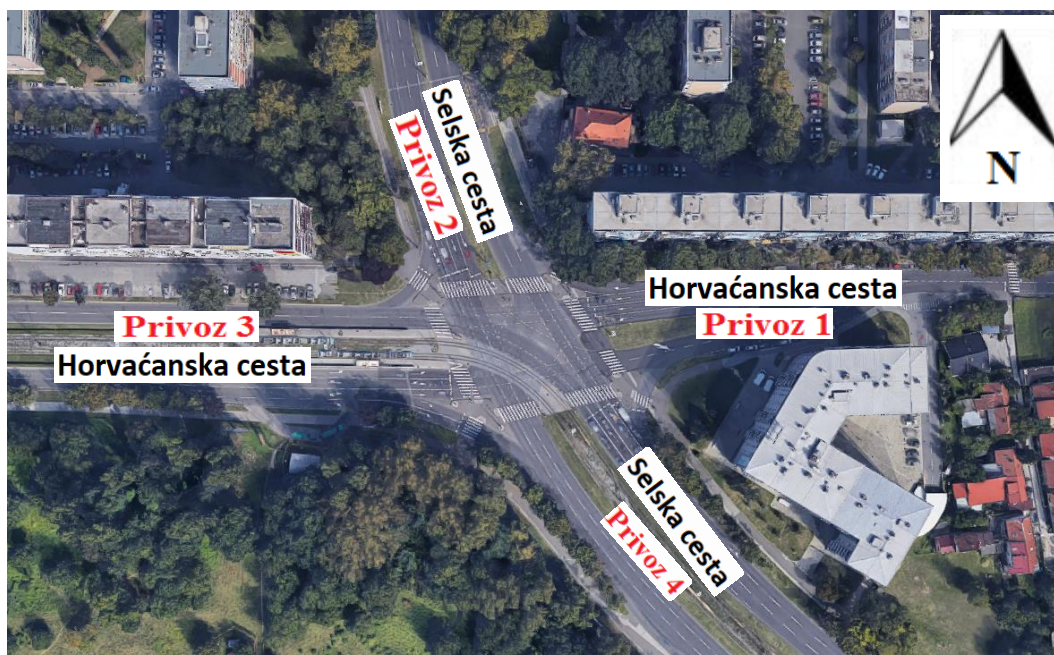


Slika 22. Grafički prikaz opterećenja na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići

3.5.4. Brojanje prometa na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste (raskrižje broj 4)

Raskrižje broj 4 koje se analizira je raskrižje Horvaćanske ceste i Selske ceste i svaki je privoz označen brojem kako slijedi:

- Privoz 1 - Horvaćanska cesta (istočni privoz)
- Privoz 2 - Selska cesta (sjeverni privoz)
- Privoz 3 - Horvaćanska cesta (zapadni privoz)
- Privoz 4 - Selska cesta (južni privoz)



Slika 23. Raskrižje Horvaćanske ceste i Selske ceste s označenim privozima [23]

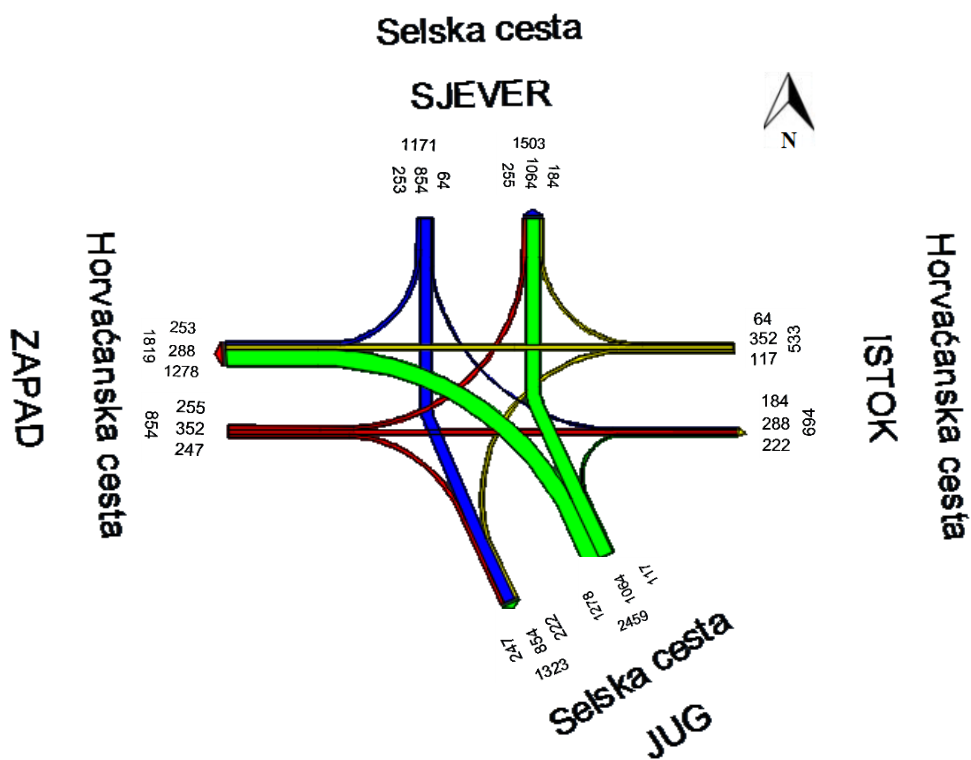
Tablica 6. Poslijepodnevno prometno opterećenje na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	1-2	0-15'			157	1		
		15'-30'			175	2		
		30'-45'			181	1		
		45'-60'			176	1		
		Σ			689	5		
		EJA			689	10		
	Σ vozila					694		
Σ EJA					699			

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	2-1	0-15'			272	9	1	2
		15'-30'			287	7	1	
		30'-45'			301	5	1	1
		45'-60'			276	7	1	
		Σ			1.136	28	4	3
		EJA			1.136	56	8	9
	Σ vozila					1.171		
Σ EJA					1.209			

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	3-2 3-1 3-4	0-15'			202	4		
		15'-30'			226	4		
		30'-45'			219	3		
		45'-60'			195	1		
		Σ			842	12		
		EJA			842	24		
	Σ vozila					854		
Σ EJA					866			

Vrijeme	Smjer	15'-int	BIC	MOT	OA	TV	BUS	TVp
15:30 do 16:30	4-2 4-3 4-1	0-15'			584	7	2	1
		15'-30'			612	9	1	1
		30'-45'			628	8	1	1
		45'-60'			594	8	1	1
		Σ			2.418	32	5	4
		EJA			2.418	64	10	12
	Σ vozila					2.459		
Σ EJA					2.504			



Slika 24. Grafički prikaz opterećenja na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste

4. BUDUĆA PROMETNA POTRAŽNJA I KRITIČNI DIJELOVI CESTOVNE MREŽE

Kako bi se omogućilo nesmetano kretanje ljudi i dobara, buduća prometna potražnja važan je čimbenik u planiranju prometa, a cilj joj je maksimalno iskorištenje prometnica koje treba predvidjeti i prilagoditi budućim potrebama prometa. Prometna prognoza dio je prometnog planiranja koji podrazumijeva razvoj budućeg prometa uz pretpostavku potreba za prometom kroz određeno vremensko razdoblje te se prema tim saznanjima projektiraju prometnice za planirani vremenski period. Pri izgradnji novih prometnica i raskrižja vremenska prognoza radi se za 20 godina, za veće rekonstrukcije za 15 godina, a manje rekonstrukcije za 10 godina. [24]

Osnovni ulazni parametri za izradu prognoze prometna su:

- postojeći intenzitet prometnih tokova;
- demografska analiza;
- stupanj motorizacije (broj vozila po/ stanovniku);
- ekonomska analiza (BDP);
- razvoj aktivnosti na određenom području. [25]

Od velike je važnosti prometnu prognozu provesti što kvalitetnije posebno kod izgradnje prometnice kako bi potencijalno uložena novčana sredstva bila opravdana. Osim opravdanosti ulaganja novčanih sredstava prometnom prognozom nastoji se zadovoljiti potrebe prometnice s aspekta sigurnosti kako bi i za određeno duže vremensko razdoblje prometnica odnosno raskrižje pružalo jednaku stopu sigurnosti. Više je modela izrade procjene buduće prometne potražnje. Za potrebe ovog diplomskog rada procjena buduće prometne potražnje određena je metodom složenog kamatnog računa prema izrazu (2) na temelju prethodno dobivenih ulaznih podataka o postojećem intenzitetu prometnih tokova.

$$C = C_0 * (1 + \frac{p}{100})^n \text{ [voz/h]} \quad (2)$$

gdje je:

C_0 - prosječni godišnji dnevni promet

n - vremensko razdoblje broja godina za koje se predviđa porast prometa

p - godišnji porast prometa

PGDP - prosječni godišnji dnevni promet (C_0) određuje se na način da se broj vozila dobiven brojanjem prometa vozila u vršnom satu pomnoži s određenim koeficijentom koji se kreće između 9 i 14 ovisno o veličini i prometnoj strukturi grada i promatrane prometnice.

Vremensko razdoblje „n“ je broj godina za koje se predviđa porast prometa i za potrebe ovog diplomskog rada izvršiti će se za period od 5, 10 i 20 godina.

Godišnji porast prometa „p“ (%) za period od prvih 5 godina predviđa se porast prometa za 2%, a za ostatak predviđenog razdoblja od 10 i 20 godina predviđa se porast prometa od 1%.

4.1. Prognoza prometna na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste

Opterećenje prometnih tokova vršnog sata dobivenih brojanjem prometa za vozila koja ulaze u raskrižje koristit će se za izračun PGDP-a.

S obzirom da je uzeto poslijepodnevno prometno opterećenje koje je nešto veće od jutarnjeg prometnog opterećenja, a promatrana raskrižja različitih su veličina i struktura prometa, kako bi se dobila optimalna prognoza prometa za sva raskrižja prilikom izračuna prosječnog godišnjeg dnevnog prometa koristiti će se koeficijent 10.

Prometno opterećenje vršnog sata za vozila na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste za privoz 1 iznosi 3.557 [voz/h], za privoz 2 iznosi 1.398 [voz/h], za privoz 3 iznosi 3.757 [voz/h] i za privoz 4 iznosi 1.260 [voz/h].

Iz toga slijedi:

$$1.260 + 3.757 + 1.398 + 3.557 = 9.972 \text{ [voz/h]}$$

$$\text{PGDP} = 9.972 * 10 = 99.720 \text{ [voz/dan]}$$

Proračun prognoze prometa za prvih 5 godina s porastom prometa od 2 % iznosi:

$$99.720 * \left(1 + \frac{2}{100}\right)^5 = 110.099 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon pet godina na navedenom raskrižju iznosi 110.099 [voz/dan].

Proračun prognoze prometa za 10 godina s porastom prometa od 1 % iznosi:

$$110.099 * (1 + \frac{1}{100})^5 = 115.715 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon deset godina na navedenom raskrižju iznosi 115.715 [voz/dan].

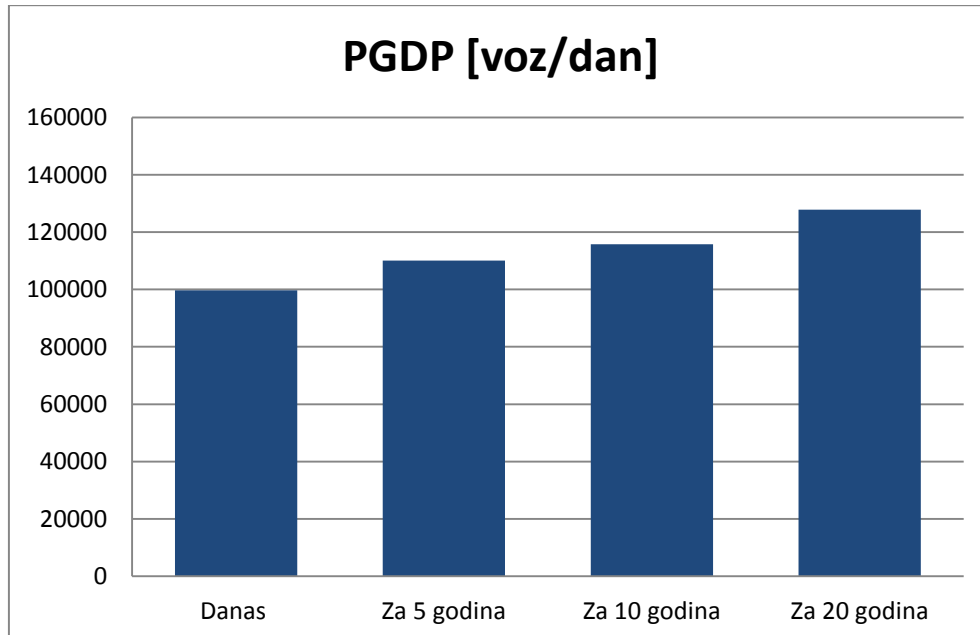
Proračun prognoze prometa za 20 godina s porastom prometa od 1 % iznosi:

$$115.715 * (1 + \frac{1}{100})^{10} = 127.821 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon dvadeset godina na navedenom raskrižju iznosi 127.821 [voz/dan].

Grafikonom 1. prikazano je prosječno godišnje prometno opterećenje za raskrižje Zagrebačke avenije i Selske ceste danas i u vremenskom razdoblju od 5, 10 i 20 godina.

Grafikon 1. Prikaz PGDP-a na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste



4. 2. Prognoza prometna na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići

Prometno opterećenje vršnog sata za vozila na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići za privoz 1 iznosi 375 [voz/h], za privoz 2 iznosi 3.007 [voz/h], za privoz 3 iznosi 560 [voz/h] i za privoz 4 iznosi 3.465 [voz/h].

Iz toga slijedi:

$$375 + 3.007 + 560 + 3.465 = 7.407 \text{ [voz/h]}$$

$$\text{PGDP} = 7.407 * 10 = 74.070 \text{ [voz/dan]}$$

Proračun prognoze prometa za prvih 5 godina s porastom prometa od 2 % iznosi:

$$74.070 * (1 + \frac{2}{100})^5 = 81.779 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon pet godina na navedenom raskrižju iznosi 81.779 voz/dan.

Proračun prognoze prometa za 10 godina s porastom prometa od 1 % iznosi:

$$81.779 * (1 + \frac{1}{100})^5 = 85.951 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon deset godina na navedenom raskrižju iznosi 85.951 [voz/dan]..

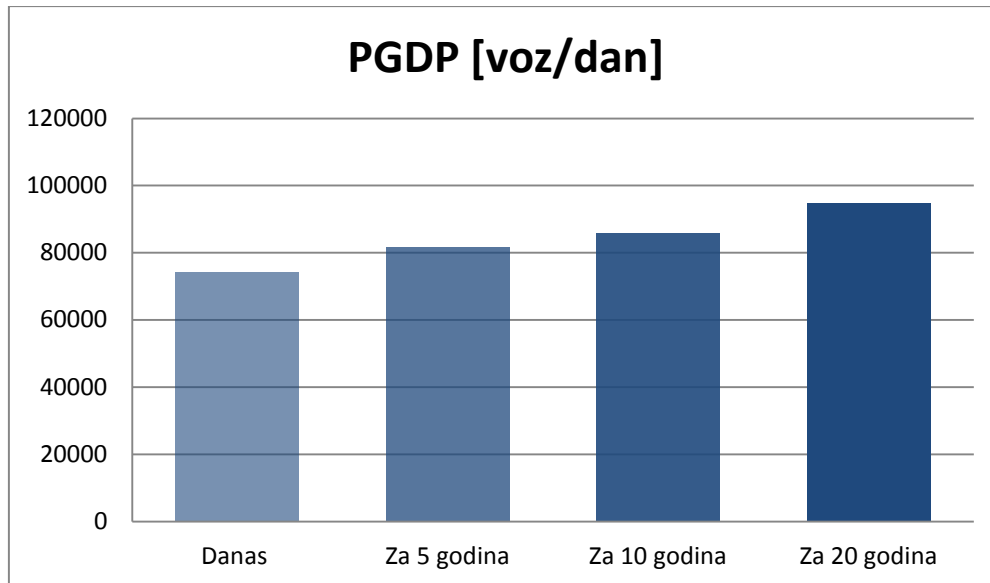
Proračun prognoze prometa za 20 godina s porastom prometa od 1 % iznosi:

$$85.951 * (1 + \frac{1}{100})^{10} = 94.943 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon dvadeset godina na navedenom raskrižju iznosi 94.943 [voz/dan].

Grafikonom 2. prikazano je prosječno godišnje prometno opterećenje za raskrižje Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići danas i u vremenskom razdoblju od 5, 10 i 20 godina.

Grafikon 2. Prikaz PGDP-a na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići



4.3. Prognoza prometna na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići

Prometno opterećenje vršnog sata za vozila na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići za privoz 1 iznosi 475 [voz/h], za privoz 2 iznosi 1.119 [voz/h], za privoz 3 iznosi 538 [voz/h] i za privoz 4 iznosi 1.346 [voz/h].

Iz toga slijedi:

$$475 + 1.119 + 538 + 1.346 = 3.478 \text{ [voz/h]}$$

$$\text{PGDP} = 3.478 * 10 = 34.780 \text{ [voz/dan]}$$

Proračun prognoze prometa za prvih 5 godina s porastom prometa od 2 % iznosi:

$$34.780 * \left(1 + \frac{2}{100}\right)^5 = 38.400 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon pet godina na navedenom raskrižju iznosi 38.400 [voz/dan].

Proračun prognoze prometa za 10 godina s porastom prometa od 1 % iznosi:

$$38.400 * \left(1 + \frac{1}{100}\right)^5 = 40.359 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon deset godina na navedenom raskrižju iznosi 40.359 [voz/dan].

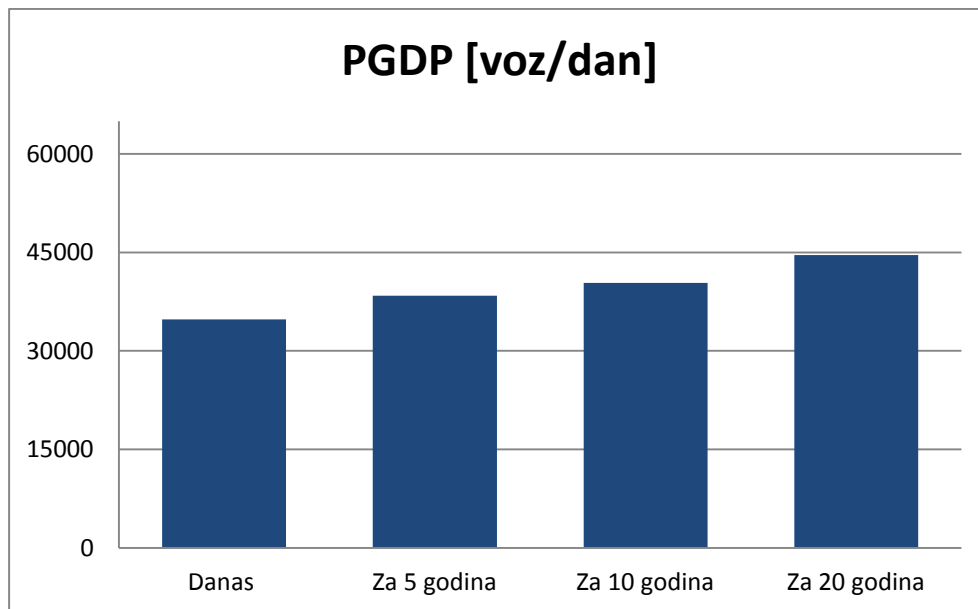
Proračun prognoze prometa za 20 godina s porastom prometa od 1 % iznosi:

$$40.359 * (1 + \frac{1}{100})^{10} = 44.581 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon dvadeset godina na navedenom raskrižju iznosi 44.581 [voz/dan].

Grafikonom 3. prikazano je prosječno godišnje prometno opterećenje za raskrižje Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići danas i u vremenskom razdoblju od 5, 10 i 20 godina.

Grafikon 3. Prikaz PGDP-a na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići



4.4. Prognoza prometna na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste

Prometno opterećenje vršnog sata za vozila na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste za privoz 1 iznosi 2.459 [voz/h], za privoz 2 iznosi 854 [voz/h], za privoz 3 iznosi 1.171 [voz/h] i za privoz 4 iznosi 694 [voz/h].

Iz toga slijedi:

$$2.459 + 854 + 1.171 + 694 = 5178 \text{ [voz/h]}$$

$$\text{PGDP} = 5.178 * 10 = 51.780 \text{ [voz/dan]}$$

Proračun prognoze prometa za prvih 5 godina s porastom prometa od 2 % iznosi:

$$51.780 * (1 + \frac{2}{100})^5 = 57.169 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon pet godina na navedenom raskrižju iznosi 57.169 [voz/dan].

Proračun prognoze prometa za 10 godina s porastom prometa od 1 % iznosi:

$$57.169 * (1 + \frac{1}{100})^5 = 60.085 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon deset godina na navedenom raskrižju iznosi 60.085 [voz/dan].

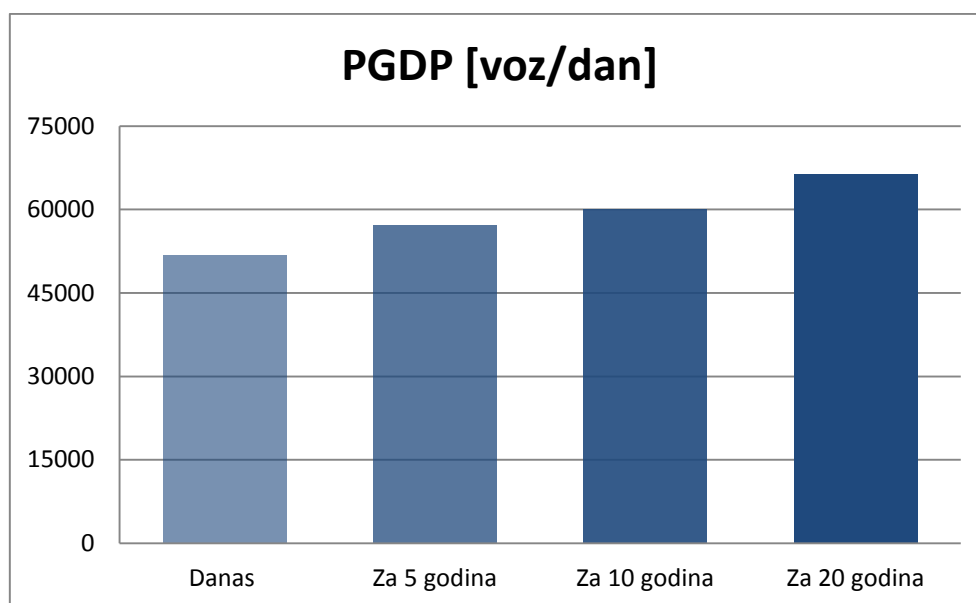
Proračun prognoze prometa za 20 godina s porastom prometa od 1 % iznosi:

$$60.085 * (1 + \frac{1}{100})^5 = 66.371 \text{ [voz/dan]}$$

Provedenim izračunom prosječni godišnji dnevni promet nakon dvadeset godina na navedenom raskrižju iznosi 66.371 [voz/dan].

Grafikonom 4. prikazano je prosječno godišnje prometno opterećenje za raskrižje Horvaćanske ceste i Selske ceste danas i u vremenskom razdoblju od 5, 10 i 20 godina.

Grafikon 4. Prikaz PGDP-a na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste



4.5. Kritični dijelovi cestovne mreže

Nakon provedenih izračuna PDGP-a na odabranim raskrižjima uočava se povećan broj vozila za pojedine smjerove koji vode prema naseljima Gajevo, Jarun, Srednjaci i Gredice, a nemaju direktniji pristup navedenim naseljima pa su za svakodnevne aktivnosti poput pristupa naselju gdje žive i odlazak na posao, vozači prisiljeni koristiti ionako već preopterećene prometnice i raskrižja za određeni smjer kao rute do željene destinacije. Ujedno to su i kritični dijelovi cestovne mreže jer se iz tog razloga na promatranim raskrižjima u vršnim opterećenjima konstantno dešavaju dulji repovi čekanja što rezultira dužim vremenima putovanja od početne do krajnje destinacije, ujedno se povećava potrošnja goriva kroz čekanja na raskrižju što automatski povećava onečišćenje zraka i dodatno zagađenje okoliša. Zato se u nastavku predlažu rješenja koja bi navedene kritične dijelove cestovne mreže na neki način rasteretile, a ujedno uklonile nepovoljne utjecaje koje sa sobom nose isti.

5. VARIJANTNA RJEŠENJA VOĐENJA PROMETNIH TOKOVA

Unaprijediti stanje prometnog sustava moguće je na temelju kompletne analize promatranog područja te prijedloga varijantnih rješenja odnosno zahvata koje je potrebno obaviti kako bi kompletan sustav funkcionirao ujednačeno, protočno uz propisane elemente sigurnosti.

Prijedlozi rješenja izrađuju se na temelju:

- rezultata analize postojećeg stanja (ustanovljeni problemi);
- prognoze prometa (trend porasta ili smanjenja intenziteta prometnih tokova)
- najnovijih znanstvenih i stručnih spoznaja na području tehnologije prometa i transporta. [26]

Prema periodu realizacije prijedlozi rješenja mogu se dijeliti na:

- trenutne – realizacija do 2 godine od prihvatanja studije,
- kratkoročne – realizacija od 5 godina od prihvatanja studije,
- srednjoročne – realizacije od 5 do 10 godina nakon prihvatanja studije,
- dugoročne – realizacije od 10 do 20 godina nakon prihvatanja studije. [27]

Često se optimizacija prometa na određenom području može realizirati rekonstrukcijom postojećih raskrižja u raskrižja s kružnim tokom prometa što dovodi do veće protočnosti prometa i smanjenja duljine repa čekanja ili samo povećanjem broja prometnih trakova postojećeg klasičnog raskrižja i usklađivanjem vremena intervala promjene svjetlosnih signala prema trenutnim zahtjevima pojedinog privoza. S obzirom na specifičnost područja promatranih raskrižja i prostorno – urbanističke mogućnosti, predlaže se izvedba nove prometnice za navedeno područje, koja bi povezivala Zagrebačku aveniju s Horvaćanskom cestom sve do Jarunske ceste i omogućila lakši i sigurniji pristup pojedinim naseljima.

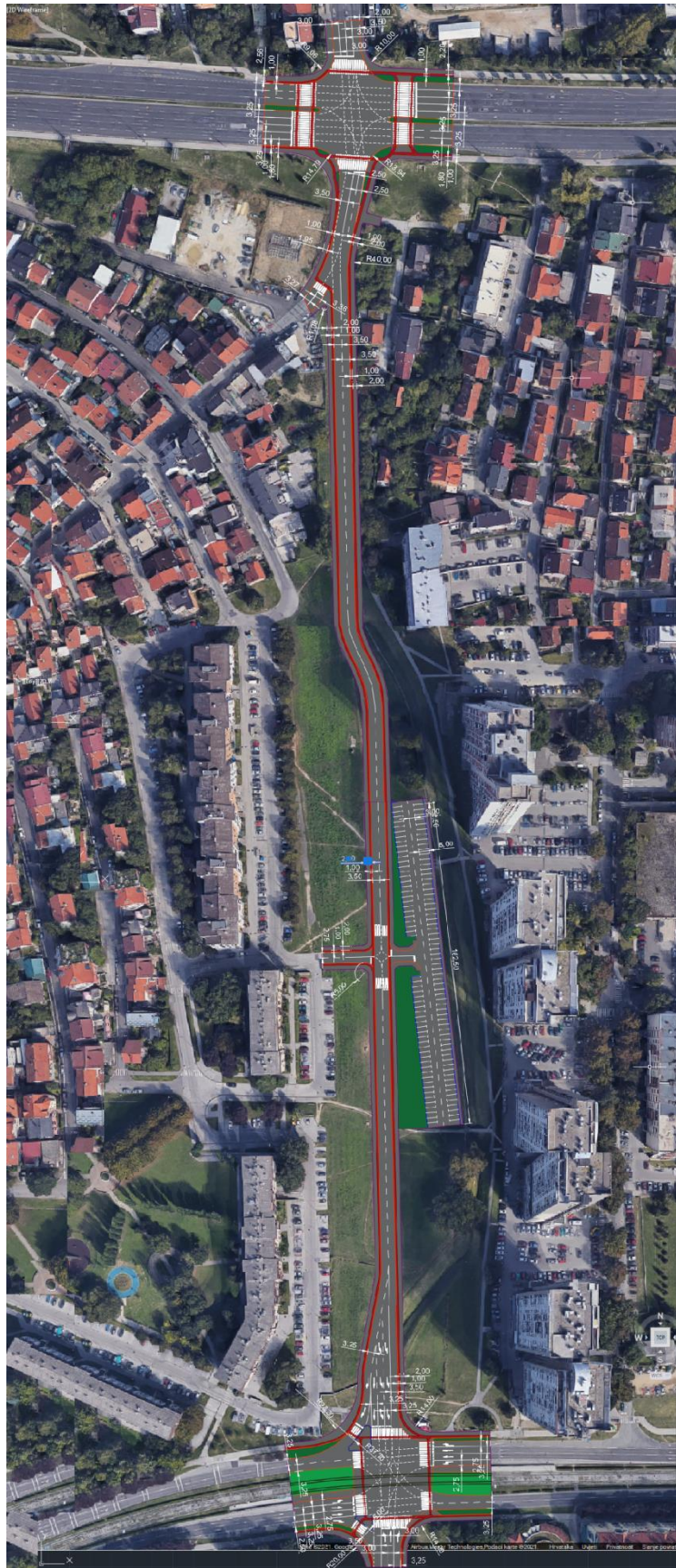
5.1. Prijedlog rješenja povezivanja prvog i drugog raskrižja

Analizom odvijanja prometa na navedenom području utvrđene su velike gužve u vršnim opterećenjima na pojedinim raskrižjima koje se dugoročno mogu riješiti izgradnjom prometnice koja bi povezivala Zagrebačku aveniju i Horvaćansku cestu. Ujedno, s obzirom na prostorne značajke predviđenog područja nove prometnice na istom dijelu predlaže se izvesti parkiralište koje bi prvenstveno bilo od velikog značaja za naselje Srednjaci i ulicu Braće Domany koje je s obzirom na loše planiranje mogućeg povećanja broja vozila u projektu nastajanja naselja, podkapacitiralo broj parkirališnih mjesta.

Prostor za izvođenje prometnice kao priključak Ilirskoj ulici u dužini 130,00 m širine je 14,00 m što zadovoljava izvedbu ceste s dva prometna traka svaki širine 3,50 m, nogostup širine 2,00 m i biciklističke staze širine 1,00 m s svake strane ulice. Prostor za nastavak izvođenja prometnice do Horvaćanske ceste u duljini 400,00 m širine je prosječno 70,00 m i kroz cijelu duljinu omogućuje izvođenje parkirališta za vozila. Ujedno ista prometnica imala bi priključak s postojećom ulicom Ladislava Štritofa u naselju Gajevo.

Prijedlog rješenja detaljno je razrađen na slici 25. i u prilogu 1, kako je prethodno planirano te je priključak Ilirskoj ulici u dužini 130,00 m izveden s dva prometna traka svaki širine 3,50 m, nogostupom širine 2,00 m i biciklističke staze širine 1,00 m s svake strane ulice. Nastavak prometnice istih karakteristika u duljini 165,00 m povezuje spojnu cestu u duljini 35,00 m s postojećom ulicom Ladislava Štritofa u naselju Gajevo te predviđenim parkiralištem duljine 162,50 m na kojem su predviđena 162 parkirna mjesta svako širine 2,50 m i duljine 5,00 m. Kroz cijelo parkiralište izvedena je prometnica s dva prometna traka širine 3,00 m za prometovanje i komunikaciju s navedenim parkirališnim mjestima. Od raskrižja s postojećom ulicom Ladislava Štritofa i prilaza parkiralištu nastavlja se prometnica duljine 220,00 m do raskrižja s Horvaćanskom cestom koja kao priključak Horvaćanskoj cesti ima isto dva prometna traka za skretanje ulijevo, jedan prometni trak za kretanje ravno i jedan prometni trak za skretanje desno svaki širine po 3,25 m. Na Horvaćanskoj cesti prometne trakove kao pripremu za lijevo i desno skretanje širine 2,75 m stavilo se u funkciju prometa odnosno skretanje lijevo i desno u novoizvedenu prometnicu. Horizontalna i vertikalna signalizacija uskladila se s novonastalom prometnom situacijom što je vidljivo na slici 25.

Prijedlog rješenja optimizacije prometa promatranog područja i priključne prometnice izrađen je u programu AUTOCad 2019.



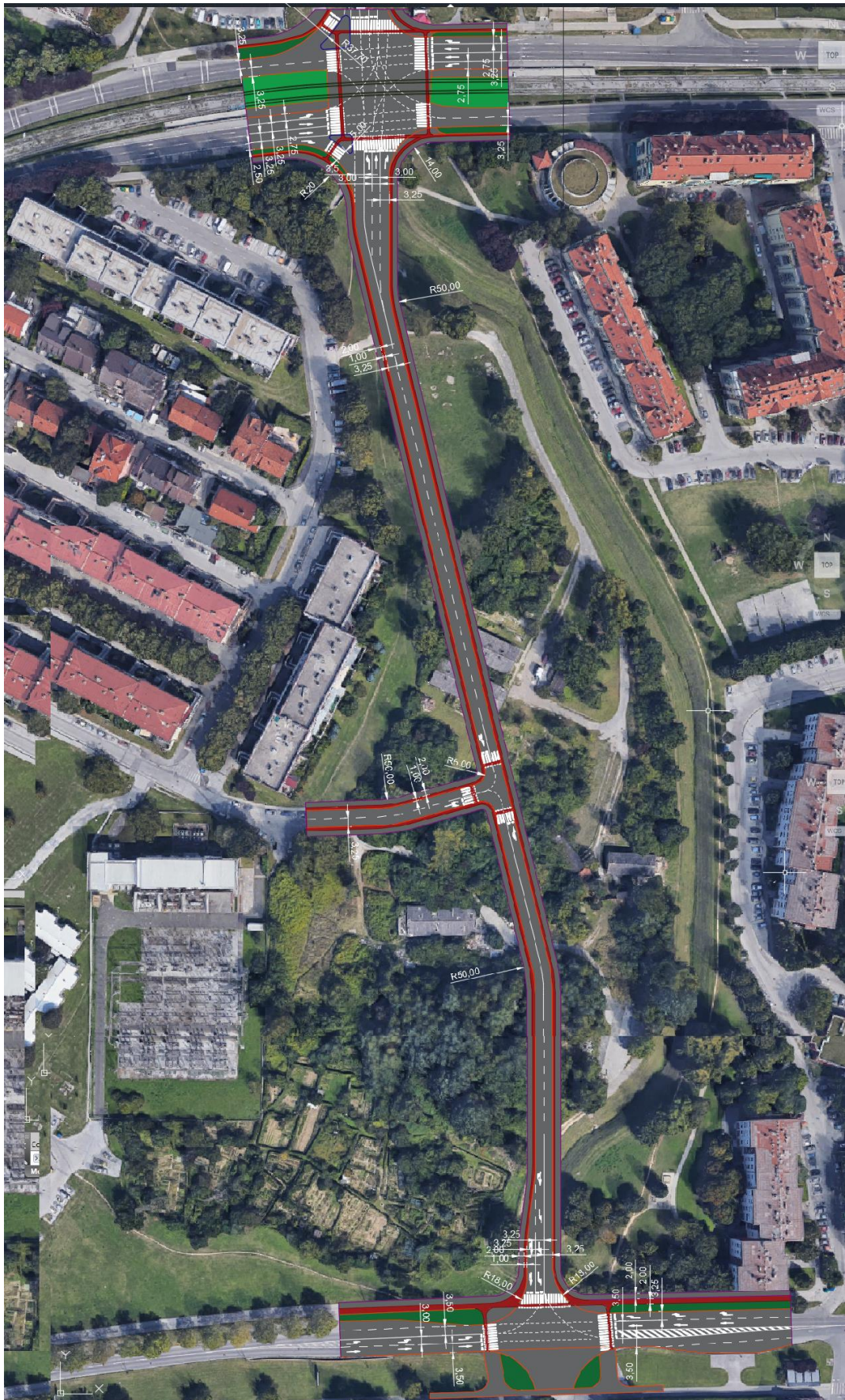
Slika 25. Prijedlog rješenja povezivanja raskrižja Zagrebačke avenije i Horvaćanske ceste

[28]

5.2. Prijedlog rješenja povezivanja drugog i trećeg raskrižja

Izgradnja prometnice u dužini 420,00 m koja bi povezivala Horvaćansku cestu i Jarunsku cestu (slika 26. i prilog 2) planirana je kao dvotračna prometnica s po jednim prometnim trakom za svaki smjer širine 3,25 m, a osim izvedbe prometnice uključila bi i izgradnju biciklističke staze širine 1,00 m i pješačke staze širine 2,00 m sa svake strane prometnice. Na prilazu Horvaćanskoj cesti u smjeru sjevera izveo bi se po jedan prometni trak za skretanje u lijevo i kretanje ravno širine 3,00 m i jedan prometni trak za skretanje u desno širine 3,25 m. Prometni trak za ulazak u navedenu prometnicu s Horvaćanske ceste bio bi širine 3,50 m. Nastavak prometnice istih karakteristika u duljini 235,00 m povezuje spojnu cestu u duljini 65,00 m s postojećom ulicom Josipa Prikrila u naselju Jarun koja bi s istim karakteristikama, po jednim prometnim trakom za svaki smjer širine 3,25 m, biciklističkom stazom širine 1,00 m i pješačkom stazom širine 2,00 m sa svake strane prometnice povezivala novu prometnicu. Nastavak prometnice od postojeće ulice Josipa Prikrila u duljini 185,00 m proteže se do Jarunske ceste koja na prilazu Jarunskoj cesti ima po jedan prometni trak za skretanje udesno i ulijevo širine 3,25 m. Prometni trak kao ulazak s Jarunske ceste na planiranu novu prometnicu širine je isto tako 3,25 m. Na Jarunskoj cesti prometni trak kao pripremu za lijevo skretanje na zapadnom privozu širine 3,00 m stavio bi se u funkciju prometa odnosno skretanje lijevo u planiranu novu prometnicu. Horizontalna i vertikalna signalizacija uskladila se s novonastalom prometnom situacijom što je vidljivo na slici 26.

Prijedlog rješenja optimizacije prometa promatranog područja i priključne prometnice izrađen je u programu AUTOCad 2019.



Slika 26. Prijedlog rješenja povezivanja raskrižja Horvaćanske i Jarunske ceste [29]

6. SMJERNICE ZA VREDNOVANJE VARIJANATA PREDLOŽENIH RJEŠENJA

Vrednovanje prometnih projekata važan je segment kompletnog procesa analize određenog projekta kako bi se jednostavnije odlučilo oko izbora najbolje varijante određene ideje. Različite su metode vrednovanja prometnih projekata od jednokriterijskih do višekriterijskih. Jedna od češće korištenih je metoda analize troškova i koristi (eng. *cost-benefit analysis*) koja je visoko zastupljena u fazi ocjene projekata i obavezna je za sve projekte koji se financiraju sredstvima Europske unije. Za ocjenu prometnih projekata češće se primjenjuju metode višekriterijskog odlučivanja. Uvođenjem više kriterija optimiranja dobivaju se kvalitetnija, preciznija i dugoročnija rješenja. Neki od kriterija optimiranja u prometne svrhe baziraju se na sigurnosnim, tehničko - tehnološkim, ekonomskim, ekološkim i drugim pokazateljima.

Jedna od najpoznatijih i najčešće korištenih metoda donošenja odluke je metoda za višekriterijsku analizu AHP (eng. Analytic Hierarchy Process). Analitičko hijerarhijski proces utemeljio je Thomas L. Saaty 1980. godine, a koristi se u cilju rješavanja kompleksnih problema odlučivanja, kada postoji veći broj kriterija i podkriterija i nužna je u kompleksnim investicijskim projektima od velikog društvenog značaja.[30]

Vrednovanje varijantnih rješenja ovog diplomskog rada provedeno je AHP metodom primjenom programskog alata Expert Choice koji podržava sve korake karakteristične za primjenu navedene metode. Veliki značaj programa je provođenje „što ako“ (what-if) analize i analize osjetljivosti, to jest ispitivanje promjene ulazne vrijednosti (eng. input) na izlaznu vrijednost (eng. output), a prikazati se mogu kroz grafove „izvedba“ (Performance), „gradijent“ (Gradient) i „dinamika“ (Dynamic).

Metoda rješavanja problema podijeljena je u četiri dijela:

- strukturiranje problema
- prikupljanje podataka;
- ocjenjivanje relativnih težina;
- određivanje rješenja problema

Strukturiranje problema bazira se na dodjeljivanju "ocjene" svakom pojedinom paru kriterija na svakoj hijerarhijskoj razini.

Kako bi se olakšalo ocjenjivanje koriste se omjerne skale. Najpoznatija je Saatyjeva skala koja ima pet stupnjeva intenziteta i četiri međustupnja kako je prikazano u tablici 7, a omogućuje procjenu omjera važnosti dvaju kriterija kada se njihove vrijednosti izražavaju kvantitativno, kvalitativno i u različitim mjernim jedinicama.

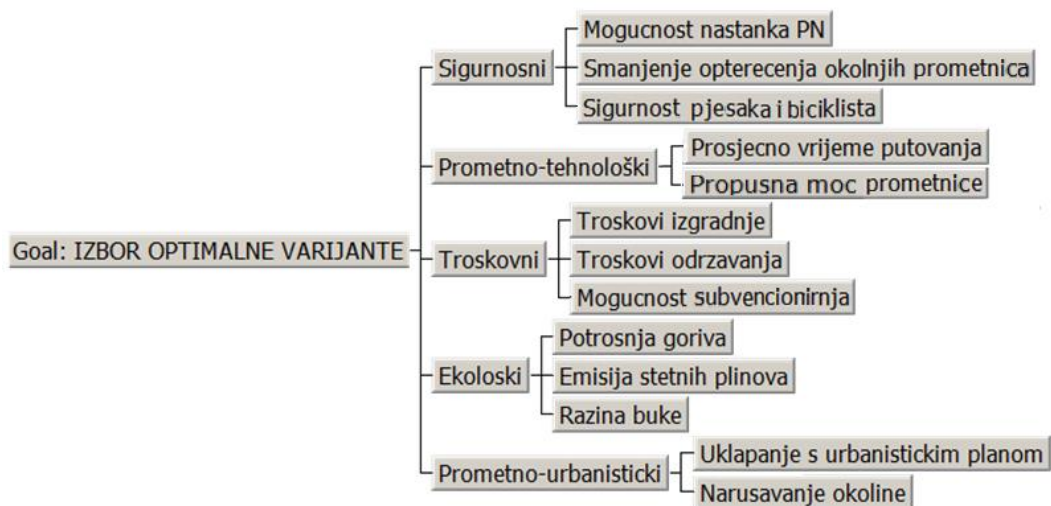
Tablica 7. Saaty-eva skala (intenziteta) ocjene važnosti

Intenzitet važnosti	Definicija	Objašnjenje
1	Jednako važno	Dva kriterija jednako doprinose cilju
3	Umjereno važnije	Umjerena prednost jednom kriteriju u odnosu na drugi
5	Strogo važnije	Strogo se favorizira jedan kriterij u odnosu na drugi
7	Vrlo stroga važnost	Jedan kriterij izrazito se favorizira u odnosu na drugi
9	Ekstremna važnost	Favorizira se jedan kriterij u odnosu na drugi s najvećom uvjerljivošću
2,4,6,8	Međuvrijednosti	

6.1. Prijedlog hijerarhijske strukture AHP modela

Donošenje konačne odluke kod izbora više varijanti započinje izradom hijerarhijske strukture AHP modela. Osnovni elementi su cilj, kriteriji i varijante. Svi navedeni elementi povezuju se u hijerarhijsku strukturu. Kako bi se kriteriji pobliže definirali najčešće ih se definira podkriterijima. Kao kriteriji za rangiranje uzeti su sigurnosni pokazatelj, tehničko - tehnološki pokazatelji, ekološki pokazatelji, prometno-urbanistički pokazatelji i troškovni pokazatelji. Potkriteriji za pojedini kriterij su kako slijedi - sigurnosni: mogućnost nastanka prometnih nesreća, smanjenje opterećenja okolnih prometnica, sigurnost pješaka i biciklista; prometno-tehnološki: prosječno vrijeme putovanja, propusna moć prometnice; troškovni: troškovi izgradnje, troškovi održavanja, mogućnost subvencioniranja; ekološki: potrošnja goriva, emisije štetnih plinova, razina buke; prometno-urbanistički: uklapanje s urbanističkim planom, narušavanje okoline.

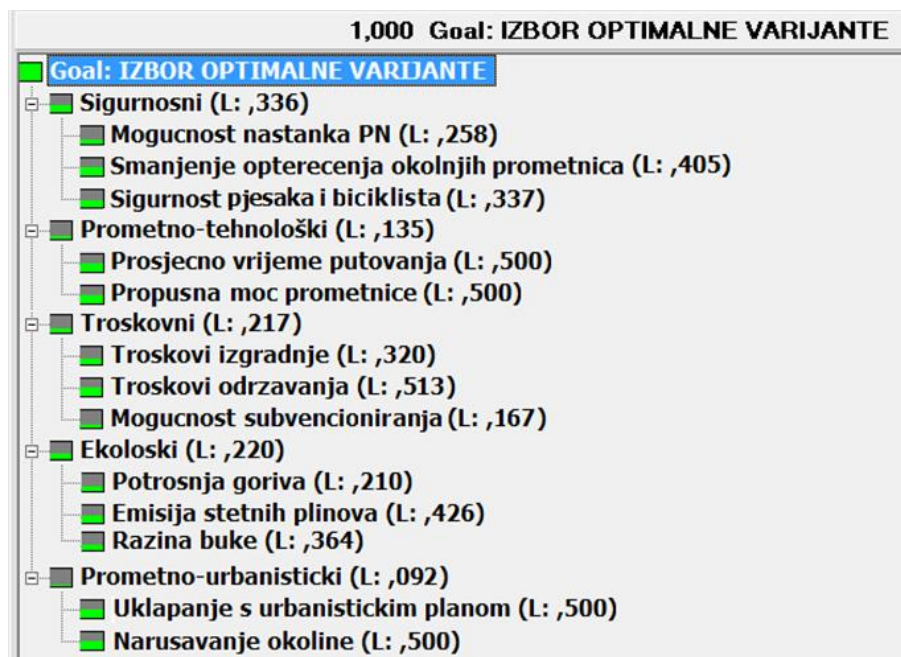
Kako bi se izabrala optimalna varijanta i donijela konačna odluka, varijante će se rangirati u programskom alatu Expert Choice. Hijerarhijska struktura prometnice s definiranim kriterijima i podkriterijima prikazana je na slici 27.



Slika 27. Hijerarhijska struktura AHP modela

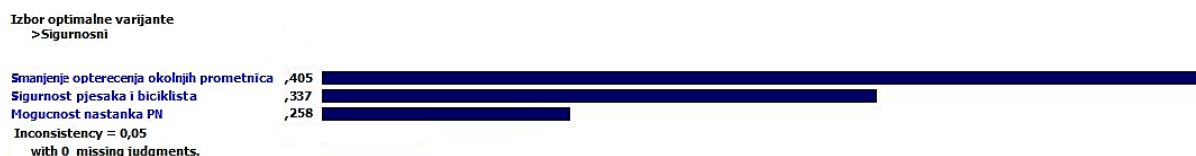
Na slici 28. u programu Expert Choice prikazani su kriteriji s podkriterijima s pripadajućim vrijednostima težina po pojedinom kriteriju i podkriteriju.

Sigurnost predstavlja najvažniju značajku u prometu te se najčešće bilo kakvi zahvati u prometu izvode kako bi se povećala sigurnost svih sudionika i iz tog razloga prema autorovom mišljenju dodijeljena mu je najveća težinska vrijednost od 33,6 %. Obzirom da se radi o naseljenom području i sve većim ekološkim zahtjevima, ekološkom kriteriju odmah iza sigurnosnog kriterija dodijeljena je vrijednost od 22 % jer ekologija odnosno razna buke i emisije štetnih plinova direktno utječu na standard života određenog područja. Svaki projekt ovisi o financijskim pokazateljima pa je troškovni kriterij s 21,7 % po težinskoj vrijednosti autor svrstao na treće mjesto važnosti kao vodilja za optimalnom i racionalnom gradnjom projekta ispred prometno – tehnološkog i prometno – urbanističkog kriterija. Prometno – tehnološki kriterij s 13,5 % zauzima četvrto mjesto težinske vrijednosti jer se njime direktno utječe na učinkovitost prometne mreže i samom izgradnjom prometnice i parkirališta postižu se višestruke koristi. Prometno – urbanistički kriterij s 9,2 % ima najmanju težinsku vrijednost jer se za određene koristi u prometu i ukupnom povezivanju područja s te strane najmanje može naštetiti ostalim pogodnostima kompletnog projekta.



Slika 28. Prikaz konačnog vrednovanja varijanata i važnosti kriterija i podkriterija u programskom alatu Expert Choice

Kako je zamisao ovog diplomskog rada optimizacija prometnih tokova na području gradske četvrti Trešnjevka jug kod kriterija sigurnosti prema autorovom osobnom mišljenju najveća težinska vrijednost dodijeljena je podkriteriju smanjenje opterećenja okolnih prometnica u odnosu na podkriterij sigurnost pješaka i biciklista i mogućnost nastanka prometne nesreće s obzirom da se optimizacijom direktno utječe na sigurnost svih sudionika i na smanjenje prometnih nesreća. Nešto manja težinska vrijednost dodijeljena je podkriteriju sigurnost pješaka i biciklista iz razloga što bi navedena prometnica svojim prometno tehničkim elementima potaknula veće korištenje alternativnog oblika prijevoza biciklom, a najmanja težinska vrijednost dodijeljena je podkriteriju mogućnost nastanka prometne nesreće jer nova prometnica i raskrižja na istoj svojim tehničkim elementima ne ukazuju na povećanu mogućnost nastanka prometnih nesreća. Podjela težinskih vrijednosti podkriterija sigurnosnog kriterija prikazana je slikom 29.



Slika 29. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za sigurnosni kriterij

Na prometno-tehnološkom kriteriju prosječno vrijeme putovanja i propusna moć prometnice podjednako su zastupljeni po težinskoj vrijednosti jer autor smatra da je prosječno vrijeme putovanja u direktnoj vezi s propusnom moći prometnice. Podjela težinskih vrijednosti podkriterija prometno-tehnološkog kriterija prikazana je slikom 30.



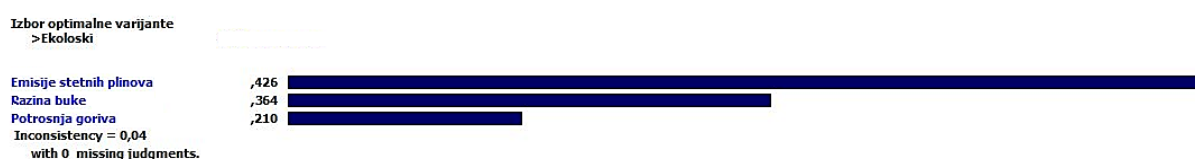
Slika 30. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za prometno-tehnološki kriterij

U troškovnom kriteriju podkriterij troškovi održavanja imaju najveću težinsku vrijednost jer troškovi održavanja predstavljaju varijabilne troškove koji su prisutni od izgradnje prometnice kroz cijelo vrijeme uporabe prometnice. Trošak izgradnje isto je jedan od važnijih parametara, ali mu je dodijeljena manja težinska vrijednost jer se radi o jednokratnom trošku koji će u konačnici biti manji od ukupnog troška održavanja. Podkriteriju mogućnost subvencioniranja dodijeljena je najmanja težinska vrijednost jer prema generalnom urbanističkom planu postoji projekt sličnog karaktera na području gradske četvrti Trešnjevka jug jug koji bi povezivao Vrapčansku ulicu u produžetku do Zagrebačke avenije pa sve do Jadranske avenije i koji je već u fazi provedbe odnosno izdavanja lokacijske dozvole i koji radi opsega radova zahtijeva puno veća financijska sredstva te se na temelju tih saznanja autor odlučio da podkriteriju mogućnost subvencioniranja dodjeli najmanju težinsku vrijednost. Podjela težinskih vrijednosti podkriterija troškovnog kriterija prikazana je slikom 31.



Slika 31. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za troškovni kriterij

Kod ekološkog kriterija najveća pažnja pridaje se podkriteriju emisija štetnih plinova iz razloga što se prometnica proteže kroz naseljeno područje i uvelike utječe na živote stanovnika te je iz toga razloga autor dodijelio najveću težinsku vrijednost. Malo manja težinska vrijednost dodijeljena je podkriteriju razina buke praktički iz istog razloga jer buka u prometu podjednako utječe na kvalitetu života određenog područja. Najmanja težinska vrijednost dodijeljena je podkriteriju potrošnja goriva jer optimizacijom prometnih tokova navedeni podkriterij već bi polučio navedene pogodnosti. Podjela težinskih vrijednosti podkriterija ekološkog kriterija prikazana je slikom 32.



Slika 32. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za ekološki kriterij

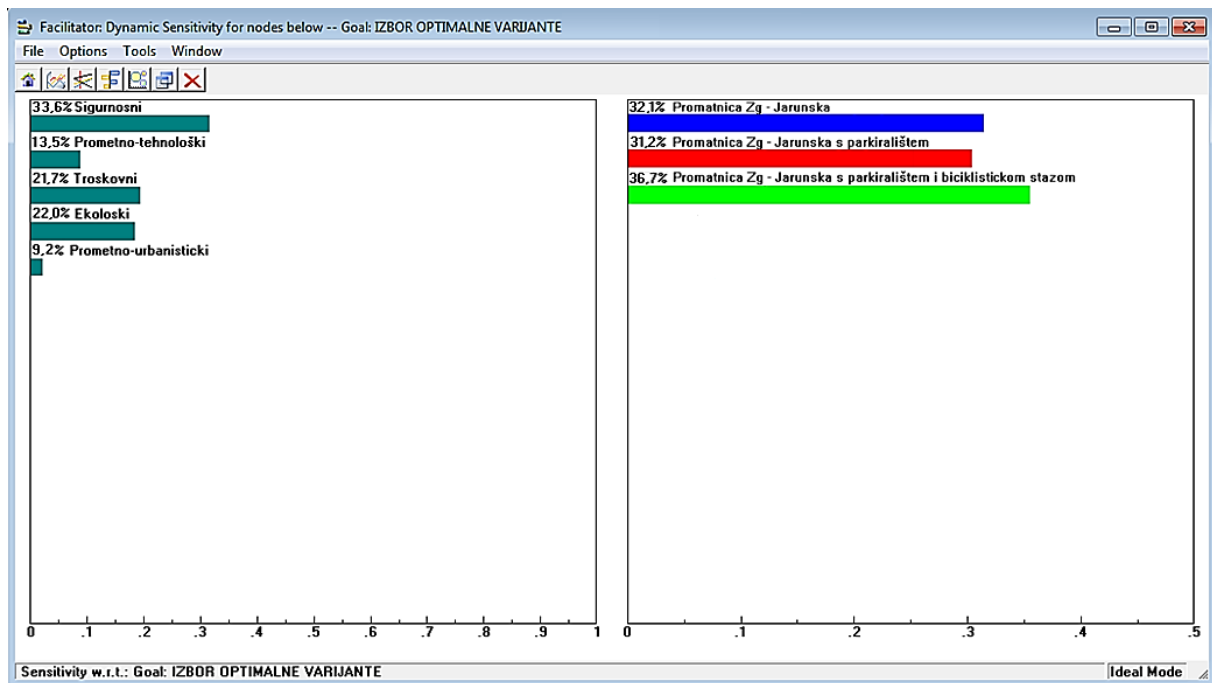
Kod prometno-urbanističkog kriterija uklapanje s urbanističkim planom i narušavanje okoline podjednako su zastupljeni po težinskoj vrijednosti iz razloga jer je okolinu potrebno u što je većoj mogućoj mjeri očuvati, a urbanističkim planom osim planiranja izgradnje prometnica i drugih objekata vodi se računa i o nenarušavanju okoline i zaštiti zelenih površina prema čemu je autor podijelio jednaku važnost za oba podkriterija. Podjela težinskih vrijednosti podkriterija prometno-urbanističkog kriterija prikazana je slikom 33.



Slika 33. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za prometno-urbanistički kriterij

6.2. Izbor optimalne varijante predloženih rješenja

Nakon obrade podataka u programskom alatu Expert Choice primjenom višekriterijske analize na slici 34. prikazano je konačno vrednovanje varijanata. Iz analize se konačno zaključuje da postoji relativno mala razlika između težina vrijednosti prometnice koja povezuje Zagrebačku aveniju i Jarunsku cestu (varijanta 1 s 32,1%) i prometnice koja povezuje Zagrebačku aveniju i Jarunsku cestu i izvedbe parkirališta u naselju Srednjaci (varijanta 2 s 31,2%). Najbolji odnosno optimalni izbor je prometnica koja povezuje Zagrebačku aveniju i Jarunsku cestu s izgrađenom biciklističkom stazom za oba smjera i izvedbom parkirališta u naselju Srednjaci (varijanta 3 s 36,7%).



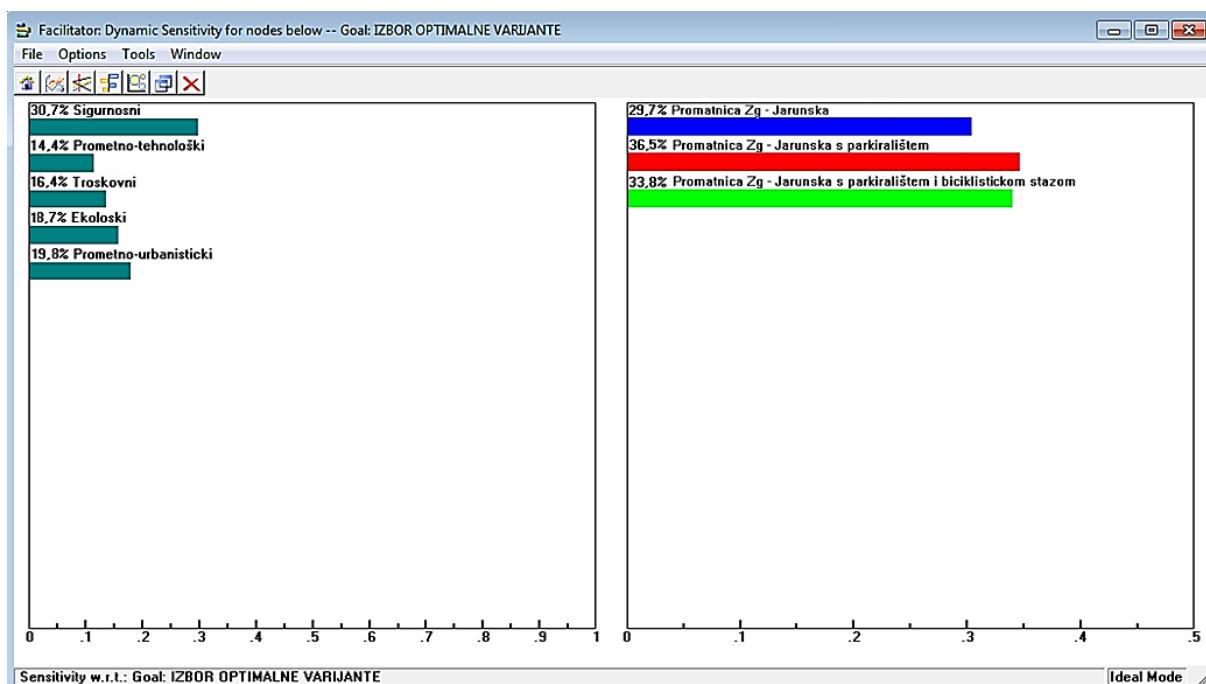
Slika 34. Prikaz dinamičkog grafa za predložena varijantna rješenja

6.3. Analiza osjetljivosti predloženih rješenja

Cilj analize osjetljivosti je procijeniti prihvatljivost projekta ako vrijednosti kritičnih parametara projekta budu promijenjene. Analizom osjetljivosti omogućuje se određivanje „kritičkih“ varijabli, a to su one čije pozitivne ili negativne varijacije imaju najveći utjecaj na financijske ili gospodarske rezultate projekta.

Dodatno njome se dokazuju promjene osnovnih pokazatelja učinkovitosti investicija, u skladu s promjenom ulaznih vrijednosti. Promjena ulaznih vrijednosti podrazumijeva promjenu težina kriterija odnosno podkriterija [31].

Da bi se prikazala osjetljivost varijanata na promjene važnosti kriterija, odabrana je promjena vrijednosti troškovnog kriterija s 21,7 % na vrijednost od 16,4% što je promjena nešto više od 5% i u konačnici je došlo je do promjene težinskih vrijednosti varijanata, ali i promjene težinskih vrijednosti kriterija. Ovakvom promjenom prometnica koja povezuje Zagrebačku aveniju i Jarunsku cestu s izvedbom parkirališta u naselju Srednjaci (varijanta 2 s 36,5%) i povećanjem od 5,3% pokazuje se kao optimalni izbor, dok je prometnica koja povezuje Zagrebačku aveniju i Jarunsku cestu s izgrađenom biciklističkom stazom za oba smjera i izvedbom parkirališta u naselju Srednjaci (varijanta 3 s 33,8%) smanjila težinu za 2,9% s obzirom na prvobitan izbor najbolje varijante što je vidljivo na slici 35.



Slika 35. Prikaz dinamičkog grafa za promijenjenu težinsku vrijednosti troškovnog kriterija

7. ZAKLJUČAK

Promet i njegovo odvijanje ima važnu ulogu u svakodnevnom životu grada. Isto tako prometna infrastruktura ima velik utjecaj na sigurnost u prometu, a sama propusnost prometnica predstavlja važan čimbenik kod projektiranja prometne infrastrukture. Svakodnevno sudjelovanje u prometu i korištenje prijevoznih sredstava kako osobnih tako i vozila javnog prijevoza putnika olakšava kretanje ljudi sve dok udovoljava u pogledu sigurnosti i protočnosti. Planiranjem prometnih tokova nastoji se optimizirati korištenje prometne mreže uz najmanje ekonomske, društvene i ekološke troškove. Sve veći problem današnjih prometnica je nedovoljna propusnost što dovodi do zagušenja prometne mreže i samim time nezadovoljstva svih sudionika u prometu. Da bi se problem uspješno riješio, potrebno je analizirati konkretnu situaciju i temeljem dobivenih parametara razmotriti rješenja koja su prihvatljiva i izvediva za promatrano područje te ih vrednovati kako bi se u konačnici izvelo najbolje rješenje s najvećim učinkom uz prihvatljive financijske i ekološke parametre.

Optimizacija prometnih tokova na području gradske četvrti Trešnjevka jug započeta je definiranjem šire i uže zone obuhvata. Analizom postojećeg stanja u vršnom satu na ključnim raskrižjima Zagrebačke avenije, Horvaćanske ceste i priključnim prometnicama uočen je problem zagušenja odnosno povećanog opterećenja pojedinih smjerova. Za prijedlog rješenja prethodno je izrađena prognoza buduće prometne potražnje, a metoda koja je korištena u ovom diplomskom radu je metoda složenog kamatnog računa. Proračun buduće prometne potražnje izrađen je za razdoblje 5, 10 i 20 godina. Za razdoblje od 5 godina predviđen je porast prometa za 2%, a za ostalo razdoblje od 10 i 20 godina predviđen je porast prometa od 1%.

Nakon kompletne analize predloženih rješenja povezivanja Zagrebačke avenije, Horvaćanske ceste i Jarunske ceste te izgradnje parkirališta u naselju Srednjaci kao najbolji izbor pokazuje se prometnica koja povezuje Zagrebačku aveniju i Jarunsku cestu s izgrađenom biciklističkom i pješačkom stazom za oba smjera i izvedbom parkirališta u naselju Srednjaci.

Učinci koji se posebno ističu kod odabrane varijante su: smanjenje zagušenja na predmetnim raskrižjima, povećanje sigurnosti prometa, očuvanje okoliša te veće korištenje biciklističkog prometa koji je sve zastupljeniji kao oblik prijevoza, a ujedno utječe na smanjenje zagađenja okoliša.

Nadalje na razmatranim kritičnim raskrižjima izvedbom nove prometnice rasteretili bi se prometni trakovi za lijevo skretanje iz smjera istoka na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste te lijevo skretanje iz smjera istoka na raskrižju Zagrebačke avenije i ulice Hrgovići koje trenutno povezuju naselja Gajevo i Srednjaci te u produžetku naselja Jarun i Gredice. Isto tako iz smjera zapada rasteretio bi se prometni trak za desno skretanje u ulicu Hrgovići iz Zagrebačke avenije te potez Zagrebačke avenije do Selske ceste prema istoku. Ujedno prometnica bi preuzela dio prometa sa Selske ceste, ulice Hrgovići i Horvaćanske ceste koje su trenutno, uz ostale prometnice unutar naselja veza za prethodno spomenuta naselja.

Na predloženoj novoj prometnici nije predviđeno vođenje javnog gradskog prijevoza u obliku autobusnog prometa s obzirom da postoji linija javnog prijevoza putnika na relaciji Ljubljana – Jarun koja se otkako je izvedena tramvajska pruga i uspostavljen javni prijevoz putnika na liniji 17 Prečko – Borongaj i liniji 5 Prečko – Dubrava pokazala nerentabilnom.

Prometnica koja povezuje Zagrebačku aveniju i Jarunsku cestu s izgrađenom biciklističkom i pješačkom stazom za oba smjera prometa i predviđenom parkirališnom površinom u naselju Srednjaci smatra se najpovoljnijim rješenjem, kako s investicijskog stajališta tako i u pogledu koristi koje nose biciklistička i pješačka staza, rješavanje problema prometa u mirovanju i podizanje sigurnosti svih sudionika u prometu. Predložena prometnica svakako trajnije rješava prometne potražnju na razmatranom području.

LITERATURA

- [1] Preuzeto sa: <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/13906> [Pristupljeno: 9. veljače 2021.]
- [2] Preuzeto sa: <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/13525> [Pristupljeno: 9. veljače 2021.]
- [3] Preuzeto sa:
<https://www.google.hr/maps/@45.7936246,15.9286763,4398m/data=!3m1!1e3> [Pristupljeno: 9. veljače 2021.]
- [4] Preuzeto sa: <https://www.google.hr/maps/@45.7903928,15.9480214,14z> [Pristupljeno: 16. veljače 2021.]
- [5] Cerovac, V. ; Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [6] Šošćarić, M., Šćukanec, A. ; Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Prosinac, 2011.
- [7] Legac, I. ; Raskrižja javnih cesta – cestovne prometnice 2, FPZ, Zagreb, 2007.
- [8] Preuzeto sa: <https://www.zet.hr/autobusni-prijevoz/dnevne-linije-251/251> [Pristupljeno: 18. veljače 2021.]
- [9] Preuzeto sa: <https://www.google.hr/maps/@45.7919486,15.936991,238a,35y,39.42t/data> [Pristupljeno: 4. ožujka 2021.]
- [10] Blašković Zavada, J.; Osnove prometne infrastrukture, FPZ, Zagreb, 2019.
- [11] Preuzeto sa: <https://www.google.hr/maps/@45.7938901,15.9357637,3a,.319.28h,89.74t/data> [Pristupljeno: 19. ožujka 2021.]
- [12] Preuzeto sa:
<https://www.google.hr/maps/@45.7880739,15.9374428,3a,90y,6.47h,63.97t/data> [Pristupljeno: 19. ožujka 2021.]
- [13] Preuzeto sa:
<https://www.google.hr/maps/@45.7882982,15.9377331,3a,264.3h,91.39t/data> [Pristupljeno: 19. ožujka 2021.]

- [14] Preuzeto sa: <https://www.google.hr/maps/@45.784122,15.9384281,550m/data=!3m1!1e3>
[Pristupljeno: 19. ožujka 2021.]
- [15] Preuzeto sa:
<https://www.google.hr/maps/@45.7840419,15.9369138,3a,50y,81.56h,91.31t/data>
[Pristupljeno: 22. ožujka 2021.]
- [16] Legac, I. ; Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
- [17] Preuzeto sa: <https://www.zet.hr/tramvajski-prijevoz/dnevne-linije/249> [Pristupljeno: 19. travnja 2021.]
- [18] Luburić, G. ; Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I, FPZ, Zagreb, 2015.
- [19] Luburić, G. ; Nastavni materijal iz kolegija Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2020.
- [20] Preuzeto sa:
<https://www.google.hr/maps/@45.7903051,15.938513,3a,75y,161.47h,92.32t/data>
[Pristupljeno: 25. travnja 2021.]
- [21] Dadić, I., Šoštarić, M., Brlek, P.; Prometno tehnološko projektiranje, Autorizirana predavanja, Zagreb, 2012.
- [22] Ščukanec, A., Šoštarić, M., Jakovljević, M. ; Prometno tehnološko projektiranje (nastavni materijali), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
- [23] Autor prilagodio sliku iz izvora: URL: <https://www.google.hr/maps> [Pristupljeno: 28. travnja 2021.]
- [24] Cerovac V. ; Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [25] Šoštarić, M., Ščukanec, A. ; Nastavni materijal iz kolegija Prometno tehnološko projektiranje, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
- [26] Ščukanec, A.; Šoštarić, M.; Jakovljević, M. ; Prometno tehnološko projektiranje (nastavni materijali), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.

[27] Dadić, I., Šoštarić, M., Brlek, P. ; Prometno tehnološko projektiranje, Autorizirana predavanja, Zagreb, 2012.

[28] Vlastiti izvor

[29] Vlastiti izvor

[33] Barić, D. ; Nastavni materijali iz kolegija „Vrednovanje cestovnih projekata“, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2019./2020.

[31] Barić, D. ; Autorizirana predavanja iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2019./2020.

SLIKE

Slika 1. Položaj gradske četvrti Trešnjevka jug u Gradu Zagrebu	3
Slika 2. Prikaz šireg područja obuhvata omeđenog Zagrebačkom avenijom, ulicom Hrgovići, Jarunskom cestom, Ulicom Marijana Haberlea, Horvaćanskom cestom i Selskom cestom	5
Slika 3. Prikaz lokacija užeg područja obuhvata	6
Slika 4. Raskrižje broj1 Zagrebačke avenije, Ilirske ulice i Fallerovog šetališta	8
Slika 5. Zagrebačka avenija zapadni privoz	9
Slika 6. Zagrebačka avenija istočni privoz	10
Slika 7. Ilirska ulica južni privoz	11
Slika 8. Fallerovo šetalište sjeverni privoz	12
Slika 9. Raskrižje broj 2 Horvaćanska cesta.....	13
Slika 10. Horvaćanska cesta zapadni privoz.....	14
Slika 11. Horvaćanska cesta istočni privoz	14
Slika 12. Raskrižje broj 3 Jarunska ulica	15
Slika 13. Jarunska cesta zapadni privoz.....	16
Slika 14. Jarunska cesta istočni privoz	17
Slika 15. Vennov dijagram čimbenika sigurnosti	19
Slika 16. Primjer nepropisno parkiranih vozila u ulici Braće Domany	22
Slika 17. Raskrižje Zagrebačke avenije i Selske ceste s označenim privozima	26
Slika 18. Grafički prikaz opterećenja na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste	27
Slika 19. Raskrižje Zagrebačke avenije, Ulice Hrgovići i Ulice Dragutina Golika s označenim privozima.....	28
Slika 20. Grafički prikaz opterećenja na raskrižju Zagrebačke avenije, Ulice Hrgovići i Ulice Dragutina Golika.....	30
Slika 21. Raskrižje Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići s označenim privozima	31
Slika 22. Grafički prikaz opterećenja na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići.....	33
Slika 23. Raskrižje Horvaćanske ceste i Selske ceste s označenim privozima.....	34
Slika 24. Grafički prikaz opterećenja na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste	45

Slika 25. Prijedlog rješenja povezivanja raskrižja Zagrebačke avenije i Horvaćanske ceste.....	46
Slika 26. Prijedlog rješenja povezivanja raskrižja Horvaćanske i Jarunske ceste	48
Slika 27. Hijerarhijska struktura AHP modela	51
Slika 28. Prikaz konačnog vrednovanja varijanata i važnosti kriterija i podkriterija u programskom alatu Expert Choice	52
Slika 29. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za sigurnosni kriterij	52
Slika 30. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za prometno-tehnološki kriterij.....	53
Slika 31. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za troškovni kriterij.....	53
Slika 32. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za ekološki kriterij.....	54
Slika 33. Grafički prikaz podjela težinskih vrijednosti za prometno-urbanistički kriterij.....	54
Slika 34. Prikaz dinamičkog grafa za predložena varijantna rješenja	55
Slika 35. Prikaz dinamičkog grafa za promijenjenu težinsku vrijednosti troškovnog kriterija.....	56

TABLICE

Tablica 1. Prikaz kategorije vozila s pridruženim EJA koeficijentom.....	24
Tablica 2. Primjer brojačkog listića	25
Tablica 3. Poslijepodnevno prometno opterećenje na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste.....	26
Tablica 4. Poslijepodnevno prometno opterećenje na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Hrgovići i ulice Dragutina Golika	29
Tablica 5. Poslijepodnevno prometno opterećenje na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići	31
Tablica 6. Poslijepodnevno prometno opterećenje na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste.....	34
Tablica 7. Saaty-eva skala (intenziteta) ocjene važnosti.....	50

GRAFIKONI

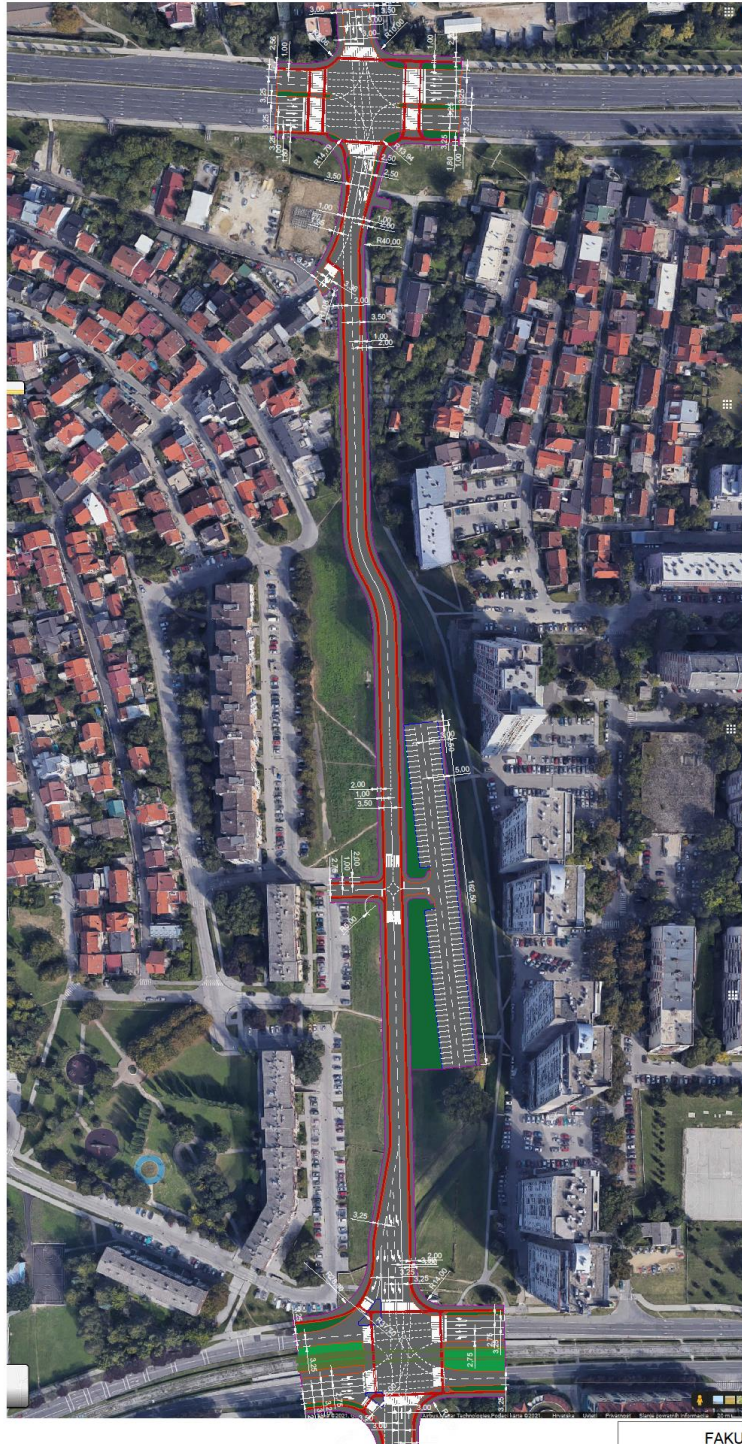
Grafikon 1. Prikaz PGDP-a na raskrižju Zagrebačke avenije i Selske ceste	38
Grafikon 2. Prikaz PGDP-a na raskrižju Zagrebačke avenije, ulice Dragutina Golika i ulice Hrgovići	40
Grafikon 3. Prikaz PGDP-a na raskrižju Horvaćanske ceste i ulice Hrgovići.....	41
Grafikon 4. Prikaz PGDP-a na raskrižju Horvaćanske ceste i Selske ceste	43

POPIS PRILOGA

PRILOG 1. Prometnica koja povezuje Zagrebačku aveniju i Horvaćansku cestu.....67

PRILOG 2. Prometnica koja povezuje Horvaćansku cestu i Jarunsku cestu.....68

PRILOG 1



FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI SVEUČILIŠTE U ZAGREBU	
PROMETNICA KOJA POVEZUJE ZAGREBAČKU AVENIJU I HORVAČANSKU CESTU	
ELVIS ELKAZ	AKADEMSKA GODINA 2020/2021
M 1:1000	DIPLOMSKI RAD



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI SVEUČILIŠTE U ZAGREBU	
PROMETNICA KOJA POVEZUJE HORVAČANSKU CESTU I JARUNSKU CESTU	
ELVIS ELKAZ	AKADEMSKA GODINA 2020/2021
M 1:1000	DIPLOMSKI RAD